

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

# **ANÁLISIS DE UN EDIFICIO NACIONAL EN ALTURA, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SOSTENIBILIDAD.**

CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO DE CONDOMINIO VERTICAL RESIDENCIAL VISTAS DEL  
ROBLEDAL

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión  
del Programa de Estudios de Posgrado en Arquitectura para optar al grado y título  
de Maestría Profesional en Arquitectura y Construcción.

KENNETH AGUILAR BONILLA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2020

## **Dedicatoria**

“A mis padres, mi esposa Paola y a mi hijo Paúl, que son mi apoyo diario, y el impulso para seguir adelante todos los días”.

## **Agradecimientos**

Le doy gracias a Dios por la oportunidad de ejercer esta bonita carrera y el darme la sabiduría, paciencia y constancia para culminar este proceso de aprendizaje.

Agradezco también a todos los tutores que me brindaron su conocimiento durante todo el proceso de formación de la maestría, agradecimiento a la empresa Arquitectura y Diseño, en especial al Arquitecto José Luis Salinas Ollé, por la amabilidad, enseñanza y apertura para compartir sus conocimientos, para poder realizar esta investigación, la cual fue de gran ayuda para mi formación profesional.

Agradecimiento al Ing. Heiner Sanabria, al Ing. Alberto Nuñez, al Arq. Adolfo Mejía de la empresa Maderotec, al Ing. Estructural Daniel Rodríguez por colaborar en la conformación de esta investigación.

Principalmente agradecimiento a mis padres, mi esposa y mi hijo, que son los más sacrificados, durante esta formación profesional.



“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Arquitectura de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Arquitectura y Construcción”

RUDY JOSE  
PIEDRA MENA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por RUDY JOSE  
PIEDRA MENA (FIRMA)  
Fecha: 2020.04.14  
10:33:49 -06'00'

---

Mag. Arq. Rudy Piedra Mena  
**Tutor**

CARLOS LUIS  
AZOFEIFA ORTIZ  
(FIRMA)

Digitally signed by CARLOS  
LUIS AZOFEIFA ORTIZ (FIRMA)  
Date: 2020.04.13 18:16:34  
-06'00'

---

Mag. Arq. Carlos Luis Azofeifa Ortiz  
**.Lector**

MANUEL EMILIO  
MARTINEZ  
GUEVARA (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
MANUEL EMILIO MARTINEZ  
GUEVARA (FIRMA)  
Fecha: 2020.04.14 00:02:14  
-06'00'

---

MAP. Ing. Manuel Martínez Guevara.  
**Lector**



---

M.Sc. Ing. Danilo Hernández Guerrero.  
**Representante del Director del Posgrado en Arquitectura**

JOSE ENRIQUE  
GARNIER  
ZAMORA (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
JOSE ENRIQUE GARNIER  
ZAMORA (FIRMA)  
Fecha: 2020.04.15 18:58:52  
-06'00'

---

Dr. Arq. José Enrique Garnier Zamora  
**Representante del Decano Sistema de Estudios de Posgrado**

KENNETH  
AGUILAR  
BONILLA (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por KENNETH AGUILAR  
BONILLA (FIRMA)  
Fecha: 2020.04.13  
18:00:22 -06'00'

---

Kenneth Aguilar Bonilla  
**Sustentante**

## Tabla de contenido

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos.....	ii
Tabla de contenido .....	iv
Resumen .....	ix
Summary.....	x
Lista de tablas.....	xi
Lista de figuras .....	xv
Lista de ilustraciones .....	xix
Lista de abreviaturas .....	xxviii
Licencia de publicación de trabajo final de graduación.....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
ANTECEDENTES .....	3
Justificación .....	4
Problema de Investigación .....	4
Objetivo General .....	5
Objetivos específicos.....	5
Metodología de estudio .....	5
Formulación y diagnóstico .....	7
Configuración y diseño .....	9
Evaluación de la propuesta .....	11
FASE I. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR DE EDIFICIOS EN ALTURA.....	12
1.1 Origen y concepto de los edificios de altura.....	12
1.2 Criterios de Estructuración de Edificios en altura .....	14
1.3 Elementos básicos que constituyen la estructura de un edificio en altura .....	17
1.3.1 Elementos principales .....	17
1.4 Selección del material de acuerdo a la altura de una edificación.....	19
1.5 Tipologías estructurales más usadas en edificios en altura .....	20
1.5.1 Estructuras de muro de carga .....	22
1.5.2 Estructura de núcleo rígido .....	24

1.5.3 Estructura de Marcos (Columnas y Vigas) .....	27
1.5.4 Sistema combinado de marcos y muros o núcleos .....	28
1.5.5 Combinación de marcos y muros o núcleos con marcos arriostrados .....	30
1.5.6 Sistemas Tubulares .....	32
1.6 Criterios de seguridad contra incendios para edificios en altura .....	34
1.6.1 Aspectos generales del diseño contra incendios.....	34
1.6.2 Especificaciones generales sobre el diseño contra incendios en edificios en altura.....	35
1.6.3 Criterios de diseño .....	37
1.6.3.1 Planificación.....	37
1.6.3.2 Presurización en escaleras .....	38
1.6.3.3 Ancho de escaleras .....	39
1.6.3.4 Compartimentación .....	40
1.6.5 Normativa costarricense, Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios .....	42
1.6.5.1 Definición de Condominio vertical y apartamentos .....	43
1.6.5.2 Medios de egreso.....	43
1.6.5.3 Compartimentación (cap. 3.2) .....	45
1.6.5.4 Iluminación de emergencia (cap. 3.3) .....	47
1.6.5.5 Señalización (cap. 3.4) .....	47
1.6.5.6. Detección y alarma de incendios (cap. 3.5) .....	48
1.6.5.7 Sistemas fijos de protección contra incendios (cap. 3.7) .....	49
1.6.5.8 Conclusiones .....	50
1.7 Metodología para desarrollar y construir un edificio en altura tipo residencial en condominio vertical en Costa Rica.....	51
1.7.1 ETAPA I. Estudios previos .....	52
1.7.2 ETAPA II. Diseño y elaboración de planos constructivos .....	55
1.7.3 ETAPA III. Tramitología y permisos.....	56
Tramite frente a la Municipalidad.....	60
1.7.4 ETAPA IV. Licitación y adjudicación de la construcción.....	60
1.7.5 ETAPA V. Construcción del Edificio .....	60

1.8 Parámetros de diseño de un edificio sostenible .....	61
1.8.1 Bases teóricas.....	61
1.8.2 Aspectos y requerimientos a considerar en el diseño y construcción de un edificio sostenible .....	63
1.8.3 Certificación LEED .....	72
1.8.4 Normas para edificaciones sostenibles en el trópico .....	75
1.8.5 Herramientas informáticas para el análisis y cálculo de parámetros del clima .....	77
1.8.6 Uso de Calculadoras Energéticas (Software Edge) .....	82
1.9 Estudios de Caso .....	83
1.9.1 Torre Menara Mesiniaga.....	84
1.9.2 Complejo Residencial SAYAB .....	88
1.9.3 Edificios Bosco Verticale .....	95
1.9.4 Síntesis y conclusión de estudios de Casos.....	100
FASE II. FORMULACIÓN Y DIAGNÓSTICO .....	101
2. Descripción del proyecto .....	101
2.1 Ubicación del proyecto.....	101
2.2 Ficha técnica del proyecto.....	102
2.3 Zonificación y emplazamiento .....	102
2.4 Desglose de áreas del proyecto .....	104
2.5 Resumen de áreas del proyecto .....	109
2.6 Zonificación y plantas de distribución arquitectónica por nivel .....	110
2.6.1 Tipos de Apartamento por nivel.....	110
1.7 Ubicación en planta de elementos estructurales y sistemas electromecánicos.....	114
2.8 Análisis estructural del edificio .....	118
3. Análisis del sistema contra incendios.....	121
4. Análisis Climático .....	123
4.1 Aspectos generales del clima en San José .....	123
4.2 Tabla de Mahoney .....	125
4.3 Factores Micro climáticos.....	127

4.4 Conclusiones del Análisis de Factores Microclimáticos .....	141
4.5 Análisis de Incidencia solar sobre el edificio .....	143
4.6 Análisis General de Vientos .....	145
4.7 Análisis climático por simulación .....	146
5.1 Costo del proyecto .....	180
5.3 Proyección del costo del proyecto al año 2019 .....	181
5.4 Recuperación de inversión por venta de apartamentos .....	181
5. Análisis de consumo eléctrico .....	188
6.1 Análisis de consumo eléctrico por tipo de apartamento .....	188
6.2 Consumo eléctrico por nivel del edificio .....	198
6.3 Resumen del consumo eléctrico de todo el edificio .....	201
7. Análisis de Consumo de agua potable .....	202
7.1 Calculo de consumo de agua potable por nivel, áreas recreativas y riego de jardines .....	202
7.2 Resumen de consumo de agua potable del proyecto .....	207
8 Síntesis análisis edificio actual .....	208
8.1 Aspectos positivos del edificio actual .....	208
8.2 Aspectos negativos del edificio actual .....	208
9 Evaluación situación actual del edificio, modelo multicriterio .....	209
9.1 Sostenibilidad Físico- Ambiental .....	211
9.2 Sostenibilidad Socio-Cultural .....	215
9.3 Sostenibilidad Económico - Financiera .....	217
9.4 Resultado Multicriterio sobre la situación actual .....	218
9.5 Evaluación del edificio existente mediante el software EDGE .....	219
.....	219
.....	220
.....	220
.....	220
.....	220
FASE III. CONFIGURACION Y DISEÑO .....	221

10	Pautas de diseño a implementar en el diseño actual .....	221
10.1	La propuesta de intervención .....	222
10.2	Análisis estructural de la propuesta .....	238
10.3	Utilización de paneles fotovoltaicos para captar energía solar, provocar sombra sobre el edificio y reducir el consumo de energía eléctrica .....	298
10.4	Utilización de agua de lluvia para reducir el consumo de agua potable en el abastecimiento de riego de jardines, áreas recreativas, servicios sanitarios, lavadoras y consumo humano.....	303
10.5	Control térmico, utilización de barreras para reducir el consumo de costo asociados al clima interior y promover la utilización de estrategias pasivas .....	308
10.6	Promover la utilización de estrategias pasivas .....	313
10.7	Huella de Carbono (utilización de materiales que disminuya la emisión de CO2) .....	314
10.8	Diseño propuesta final .....	318
10.9	Presupuesto del costo de intervención .....	320
10.10	Reducción en los costos operativos del edificio.....	321
	FASE IV. EVALUACION DE LA PROPUESTA .....	322
11	Multicriterio final .....	322
11.1	Sostenibilidad Físico - ambiental .....	322
11.2	Sostenibilidad Socio - Cultural .....	325
11.3	Sostenibilidad Económico - Financiero .....	328
11.4	Resultado Multicriterio de la propuesta .....	329
11.5	Evaluación del edificio después de aplicar la propuesta mediante el software EDGE.....	331
12	Resultados Finales .....	333
13	Conclusiones.....	334
14	Hallazgos .....	335
15	Recomendaciones .....	337
	BIBLIOGRAFÍA .....	338
	ANEXOS.....	340

## Resumen

Este documento resume una serie de herramientas desarrolladas en la Maestría de Arquitectura y Construcción aplicadas a la investigación y análisis de un edificio en altura a nivel nacional, con el objetivo de lograr un mejoramiento en términos de sostenibilidad en dicho edificio, mediante una intervención tipo remodelación.

Para lograr este objetivo se utilizan criterios que contemplen estrategias pasivas, sistemas alternativos de energía, uso eficiente del agua, confort climático, reciclaje, reutilización, interacción social, salud mental y física.

En una primera etapa se le realiza al edificio una valoración en términos de sostenibilidad, mediante la utilización de la herramienta multicriterio, la cual es implementada en la Maestría de Arquitectura de la UCR, apoyados en criterios internacionales y parámetros de evaluación sobre este tema, con el fin de identificar las debilidades, fortalezas y oportunidades de la infraestructura actual, e intervenir y reconfigurar el diseño del edificio, con el propósito de incrementar su grado de sostenibilidad, al implementar mejoras viables al edificio.

Después de realizar las intervenciones al edificio, será evaluado nuevamente con la herramienta Multicriterio, con el fin de verificar y comprobar de un modo cuantitativo y cualitativo, los alcances en términos de sostenibilidad logrados después de la intervención.

## Summary

This document summarizes a series of tools developed in the Master of Architecture and Construction applied to the research and analysis of a high rise building at a national level, with the aim of achieving an improvement in terms of sustainability in said building, through a type of remodeling intervention.

To achieve this objective, criteria are used that contemplate passive strategies, alternative energy systems, efficient use of water, climatic comfort, recycling, reuse, social interaction, mental and physical health.

In the first stage, the building is assessed in terms of sustainability, through the use of the multicriteria tool, which is implemented in the UCR Architecture Master's Program, supported by international criteria and evaluation parameters on this subject, with In order to identify the weaknesses, strengths and opportunities of the current infrastructure, and to intervene and reconfigure the design of the building, with the purpose of increasing its degree of sustainability, by implementing viable improvements to the building.

After carrying out the interventions to the building, it will be evaluated again with the Multicriterio tool, in order to verify and verify in a quantitative and qualitative way, the scope in terms of sustainability achieved after the intervention.



## Lista de tablas

Tabla 1. Selección del material de acuerdo a la altura de la edificación. Fuente: Centro Regional de Desarrollo de Ingeniería Civil, Morelia, Mich. México. Ing. Héctor Rodríguez, (2006).....	20
Tabla 2. Cantidad de vías de evacuación y anchos mínimo. Fuente: Astorga, Nathalie. Criterios de diseño de la zona de seguridad contra incendio para edificios en altura .....	37
Tabla 3. Cuadro Resumen de Requerimientos para diseñar un proyecto de Condominio Vertical .....	50
Tabla 4. Desglose de áreas del nivel 2° al nivel 6°. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas ...	105
Tabla 5. Desglose de áreas comunes del nivel 2° al 6°. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas ....	105
Tabla 6. Desglose de áreas comunes del nivel 7° al 13°. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y diseño, del Arq. José Salinas ...	106
Tabla 7. Desglose de áreas comunes del nivel 7° al 13°. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas ...	106
Tabla 8. Desglose de áreas del Penthouse. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas .....	106
Tabla 9. Desglose de áreas comunes ligadas al Penthouse. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas .....	107
Tabla 10. Desglose de áreas de la Azotea. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas .....	107
Tabla 11. Desglose de áreas de soporte de la Azotea. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas ...	107
Tabla 12. Desglose de áreas de parqueos y áreas comunes. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas .....	107
Tabla 13. Desglose de áreas de parqueos subterráneos. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas .....	108
Tabla 14. Desglose de áreas de sótano (cuarto maquinas). Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas .....	108
Tabla 15. Resumen de áreas del proyecto. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas .....	109

Tabla 16. Temperatura, Humedad Relativa y precipitación en San José Fuente: IMN Estación Aranjuez.....	123
Tabla 17. Tabla de Mahoney. Fuente: Curso Técnicas bioclimáticas Universidad de Costa Rica.....	126
Tabla 18. Conclusiones y pautas correctivas a analizar como pautas de diseño generadas a partir del análisis climático por simulación.....	179
Tabla 19. Desglose de costo del proyecto Fuente: Empresa Arquitectura y Diseño SCMTM.....	180
Tabla 20. Tabla escenario para venta de apartamentos de 1 habitación. Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Grupo Inmobiliario El Parque .....	182
Tabla 21. Tabla escenario para venta de apartamentos de 2 habitaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Grupo Inmobiliario El Parque .....	182
Tabla 22. Tabla escenario para venta de apartamentos de 3 habitaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Grupo Inmobiliario El Parque .....	183
Tabla 23. Tabla escenario para venta de apartamentos de Penthouse. Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Grupo Inmobiliario El Parque .....	183
Tabla 24. Escenario de venta de apartamentos del nivel 2° al nivel 6°. Fuente: Elaboración propia.....	184
Tabla 25. Escenario de venta de apartamentos del nivel 7° al nivel 13°. Fuente: Elaboración propia.....	185
Tabla 26. Escenario de venta de Penthouse. Fuente: Elaboración propia.....	186
Tabla 27. Tabla resumen de monto estimado de recuperación por venta de apartamentos. Fuente: Elaboración propia .....	187
Tabla 28. Tabla desglose de tarifas por concepto de servicio eléctrico, octubre 2019 Fuente: Compañía Nacional de Fuerza y Luz .....	188
Tabla 29. Calculo consumo energético del apartamento 1 habitación. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza.....	189
Tabla 30. Calculo consumo energético del apartamento de 2 habitaciones. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza.....	190
Tabla 31. Calculo consumo energético del apartamento de 3 habitaciones. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza.....	191
Tabla 32. Calculo consumo energético por Penthouse. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza .....	193
Tabla 33. Calculo consumo energético áreas sociales del Nivel 2° al Nivel 15°. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza.....	194

Tabla 34. Calculo consumo energético nivel 0.00 Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza .....	195
Tabla 35. Calculo consumo energético nivel sótano 0 – 3.00 m Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza .....	197
Tabla 36. Calculo consumo energético de los apartamentos ubicados en los niveles 2° al nivel 6°. Fuente elaboración propia .....	199
Tabla 37. Calculo consumo energético de los apartamentos ubicados en los niveles 7° al nivel 13°. Fuente elaboración propia .....	199
Tabla 38. Calculo consumo energético de los Penthouse ubicados en los niveles 14° y 15°. Fuente elaboración propia .....	200
Tabla 39. Calculo consumo energético áreas comunes nivel 2° al nivel 15°. Fuente elaboración propia .....	200
Tabla 40. Calculo consumo energético nivel 0.00. Fuente elaboración propia .....	200
Tabla 41. Calculo consumo energético nivel 0 – 3.00 m. Fuente elaboración propia .....	201
Tabla 42. Calculo consumo energético nivel 0 – 6.00 m. Fuente elaboración propia .....	201
Tabla 43. Tarifas por consumo de agua potable (colones por metro cubico consumido mensualmente) Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados .....	203
Tabla 44. Tabla cálculo de estimación de facturación por consumo por m3 mensual de agua potable. Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	204
Tabla 45. Tabla resumen del consumo de agua potable del nivel 2° al nivel 6°. Fuente Elaboración propia .....	205
Tabla 46. Tabla resumen del consumo de agua potable del nivel 7° al nivel 13°. Fuente Elaboración propia .....	205
Tabla 47. Tabla resumen del consumo de agua potable de los penthouse. Fuente Elaboración propia .....	205
Tabla 48. Tabla resumen del consumo de agua potable de los servicios sanitarios en áreas comunes. Fuente Elaboración propia .....	206
Tabla 49. Tabla de dotación de agua potable utilizada en zonas verdes. Fuente: Elaboración propia .....	206
Tabla 50. Tabla de dotación de agua potable utilizada en la piscina. Fuente: Elaboracion propia .....	206
Tabla 51. Tabla resumen valoración Físico - Ambiental del proyecto original .....	211
Tabla 52. Valoración Sostenibilidad Físico- Ambiental del proyecto original .....	211
Tabla 53. Tabla resumen valoración Socio – Cultural del proyecto original .....	215
Tabla 54. Valoración Sostenibilidad Socio – Cultural del proyecto original .....	215
Tabla 55. Tabla resumen valoración Económico – Financiera del proyecto original	217

Tabla 56. Resultado final del multicriterio sobre la situación actual del edificio. Fuente: Elaboración propia .....	218
Tabla 57. Tabla de posibilidad de éxito del multicriterio sobre la situación actual del edificio. Fuente: Elaboración propia.....	218
Tabla 58. Resumen Evaluación Software al edificio existente. Fuente: Elaboración propia utilizando la EDGE .....	219
Tabla 59. Características de los materiales considerados.....	241
Tabla 60. Sobrecargas permanentes consideradas en balcones .....	242
Tabla 61. Sobrecargas permanentes consideradas en los Louvers .....	242
Tabla 62. Cargas permanentes consideradas en el techo .....	242
Tabla 63. Cargas temporales consideradas .....	243
Tabla 64. Cargas de viento consideradas .....	243
Tabla 65. Propuesta y cotización del sistema fotovoltaico propuesto por la empresa Smart Power .....	298
Tabla 66. Proyección de ahorros al implementar el sistema de paneles fotovoltaicos. Fuente: Empresa Smart Power .....	299
Tabla 67. Calculo por concepto de financiamiento de la implementación del sistema fotovoltaico. Fuente: Empresa Smart Power.....	300
Tabla 68. Calculo de ahorro promedio mensual al implementar el sistema de paneles fotovoltaicos. Fuente: Empresa Smart Power .....	300
Tabla 69. Ficha Técnica, datos eléctricos del panel fotovoltaico Modelo Trina Solar 370WP. Fuente: Static. Trina Solar.com .....	302
Tabla 70. Ficha Técnica, datos mecánicos del panel fotovoltaico Modelo Trina Solar 370WP. Fuente: Static. Trina Solar.com .....	302
Tabla 71. Datos de cubierta para el cálculo de la recolección estimada de agua potable. Fuente: Elaboración propia .....	304
Tabla 72. Calculo de cantidad estimada de agua pluvial que se puede almacenar. Fuente: Elaboración propia.....	304
Tabla 73. Desglose de cotización del sistema de bombeo sugerido por el Ing. Alberto Núñez de la Empresa Equigas.....	307
Tabla 74. Presupuesto Global de las mejoras a implementar. Fuente: Elaboración propia .....	320
Tabla 75. Tabla comparativa de reducción en los costos operativos del edificio. Fuente: Elaboración propia.....	321
Tabla 76. Tabla recuperación de inversión de años Fuente: Elaboración propia .....	321
Tabla 77. Tabla resumen valoración Físico - Ambiental de la propuesta.....	322
Tabla 78. Valoración Sostenibilidad Físico- Ambiental de la propuesta.....	322
Tabla 79. Tabla resumen valoración Socio - Cultura de la propuesta.....	325
Tabla 80. Valoración Sostenibilidad Socio- Cultural de la propuesta.....	326
Tabla 81. Tabla resumen valoración Económico - Financiero de la propuesta.....	328

Tabla 82. Valoración Sostenibilidad Económico - Financiero de la propuesta.....	328
Tabla 83. Resultado final del multicriterio sobre la propuesta de intervención del edificio. Fuente: Elaboración propia.....	329
Tabla 84. Tabla de posibilidad de éxito del multicriterio sobre propuesta de intervención del edificio. Fuente: Elaboración propia .....	330
Tabla 85. Resumen Evaluación Software EDGE después de implementar las mejoras de diseño. Fuente: Elaboración propia utilizando la EDGE .....	331

## Lista de figuras

Figura 1. Diagrama metodología general de investigación. Fuente Elaboración propia .....	6
Figura 2. Tabla de análisis de Multicriterio, aplicado en la Maestría de Arquitectura y Construcción, bajo la metodología aplicada por el Arq. Jorge Evelio Ramírez. Fuente: Ramírez. J.(2012) modelo multicriterio, arquitectura y pedagogía.....	7
Figura 3. Diagrama procedimiento para la aplicación del análisis Multicriterio aplicado en la Maestría de Arquitectura y Construcción, bajo la metodología aplicada del Arq. Jorge Evelio Ramírez. Fuente: Ramírez. J. (2012) modelo multicriterio, arquitectura y pedagogía .....	8
Figura 4. Diagrama Metodología de Investigación Fase de Formulación y Diagnostico. Fuente: Elaboración propia .....	8
Figura 5. Diagrama Metodología de Investigación Fase Configuración y diseño. Fuente: Elaboración propia.....	10
Figura 6. Diagrama Metodología de Investigación Fase Evaluación de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.....	11
Figura 7. Cargas de viento y sismo sobre un edificio Fuente: Estructura de edificios en altura. Capítulo 4. <a href="http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos">http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos</a> .....	15
Figura 8. Pórtico. (a) Deformada; (b) Modo de deformación de corte Fuente: Estructura de edificios en altura. Capítulo 4. <a href="http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos">http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos</a> .....	18
Figura 9. Tabique. (a) Deformada; (b) Modo de deformación de flexión Fuente: Estructura de edificios en altura. Capítulo 4. <a href="http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos">http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos</a> .....	18
Figura 10. Tubo Estructural. (a) Estructura del edificio (b) Distribución de fuerzas en columnas Fuente: Estructura de edificios en altura. Capítulo 4. <a href="http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos">http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos</a> .....	19
Figura 11. Diagrama Tipología estructurales más comunes utilizadas en edificios de altura. Fuente: Elaboración propia .....	21

Figura 12. Diagrama Tipología de Sistemas Constructivos y el número de pisos que alcanzan con cada sistema. Fuente: Elaboración propia .....	22
Figura 13. Diagrama Edificios con sistema de muros de carga. Fuente: Elaboración propia .....	24
Figura 14. Diagrama configuración Sistema de Núcleos. Fuente: Elaboración propia .....	25
Figura 15. Diagrama Sistema Estructura de Pórticos. Fuente: Elaboración propia .....	27
Figura 16. Diagrama Sistema Combinado de Pórticos y Muros. Fuente: Elaboración propia .....	29
Figura 17. Diagrama Sistema de Marcos, Núcleos con Arriostramiento en "X" Fuente: Elaboración propia .....	30
Figura 18. Diagrama de Edificios con Sistema Estructural Tubular. Fuente: Elaboración propia .....	32
Figura 19. Etapa I, II y III para el desarrollo de un Edificio en altura Tipo Condominio Vertical Residencial en Costa Rica. Fuente: Elaboración propia con la colaboración del Arq. Jorge Montenegro de la Oficina Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	51
Figura 20. Etapa I, V y VI para el desarrollo de un Edificio en altura Tipo Condominio Vertical Residencial en Costa Rica. Fuente: Elaboración propia en colaboración del Arq. Jorge Montenegro de la Oficina Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	52
Figura 21. Diagrama de tramitología y tiempos de revisión de cada institución. Fuente: tramistesconstruccion.go.cr. Colegio de Ingenieros y Arquitectos .....	56
Figura 22. Esquema de categorías de los parámetros de diseño sostenible LEED. Fuente: USGBC .....	73
Figura 23. Gráfico generado a partir del software Meteonorm. Fuente: arquitectura y sostenibilidad.com .....	77
Figura 24. Rosa de los Vientos, generada a partir del software Climate Consultant. Fuente: arquitectura y sostenibilidad .....	78
Figura 25. Gráficos generados a partir del software Design Builder Fuente: Arquitectura y sostenibilidad.com .....	79
Figura 26. Gráfico Análisis de potencial fotovoltaico sobre el edificio. Fuente: blogs.autodesk.com .....	80
Figura 27. Gráfico Carta psicométrica generada a partir de la aplicación Web de Andrew Marsh.com .....	80
Figura 28. Datos del tiempo generados a partir de la aplicación Web de Andrew Marsh.com .....	81
Figura 29. 3D Trayectoria del Sol generado a partir de la aplicación Web de Andrew Marsh.com .....	82
Figura 30. Ejemplo gráfico generado por la calculadora energética EDGE. Fuente: edgebuildings.com .....	83

Figura 31. Diagrama conceptual de las estrategias Bioclimáticas implementadas en el edificio. Fuente: Elaboración propia .....	92
Figura 32. Síntesis estudios de casos. Fuente: Elaboración propia .....	100
Figura 33. Promedio de Nubosidad en San José. Fuente Weather Spark .....	124
Figura 34. Velocidad del viento en San José. Fuente: Weather Spark .....	125
Figura 35. Análisis Radiación Solar y perfil térmico Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	128
Figura 36. Radiación Solar Horizontal Global. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	129
Figura 37. Cobertura de Nubosidad Anual. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	129
Figura 38. Cobertura de Nubes en Términos porcentuales Anuales. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima.....	130
Figura 39. Perfil Térmico Anual. . Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	130
Figura 40. Datos Anuales del Clima. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	131
Figura 41. Perfil de Temperatura Promedio en meses críticos Marzo, abril y Agosto. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	131
Figura 42 Temperatura de Bulbo Seco. Fuente: Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	132
Figura 43.Velocidad del Viento Anual. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	133
Figura 44. Velocidad del Viento Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	133
Figura 45. Rosa de los Vientos. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	134

Figura 46. Síntesis Velocidad del Viento. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	135
Figura 47. Precipitación en mm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	136
Figura 48. Humedad Relativa. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	137
Figura 49. Humedad Relativa y Precipitación. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	138
Figura 50. Diagrama de Givoni. Zonas de Confort. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	138
Figura 51. Diagrama de Givoni. Zonas de Confort. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	139
Figura 52. Diagrama de Clasificación de Zonas de vida Holdridge. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	140
Figura 53. Diagrama de Givoni. Zonas de Confort. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL .....	140
Figura 54. Rendimiento Anual del sistema fotovoltaico tomando en cuenta solo el área de cubierta. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	177
Figura 55. Resumen Rendimiento Anual del sistema fotovoltaico tomando en cuenta solo el área de cubierta. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	178
Figura 56. Diagrama resumen consumo de energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia .....	202
Figura 57. Diagrama resumen consumo de agua potable. Fuente: Elaboración propia .....	207
Figura 58. Diagrama procedimiento para la aplicación del análisis Multicriterio aplicado en la Maestría de Arquitectura y Construcción, bajo la metodología aplicada del Arq. Jorge Evelio Ramírez. Fuente: Ramírez. J. (2012) modelo multicriterio, arquitectura y pedagogía .....	210
Figura 59. Ahorro de energía, según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia .....	219



Figura 60. Ahorro de consumo de agua, según parámetros de EDGE. Fuente: Elaboración propia .....	220
Figura 61. Ahorro de energía incorporada a los materiales según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia.....	220
Figura 62. Gráfico de producción de energía generada por sistema de paneles fotovoltaicos. Fuente: Empresa Smart Power .....	299
Figura 63. Diagrama de Distribución de costos de nueva factura CNFL al implementar el sistema de paneles fotovoltaicos. Fuente: Empresa Smart Power ....	300
Figura 64. Diagrama conceptual de ahorro mensual por concepto de abastecimiento de agua .....	305
Figura 65. Diagrama Sistema de Captación de Agua Pluvial. Fuente: Elaboración propia .....	306
Figura 66. Impacto ambiental de los materiales de construcción. Fuente: Guía de construcción sostenible.....	316
Figura 67. Diagrama costo de inversión de las mejoras a implementar .....	320
Figura 68. Ahorro de consumo de energía, después de implementar las mejoras según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia .....	331
Figura 69. Ahorro de consumo de agua, después de implementar las mejoras según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia .....	332
Figura 70. Energía incorporada a los materiales según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia .....	332

## Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Rand Mc Nally Building (Chicago) .....	13
Ilustración 2. Masonic Temple Building (Chicago) .....	13
Ilustración 3. Flatiron Building (New York) .....	13
Ilustración 4. Torre Lugano (Alicante, España). Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia .....	24
Ilustración 5. Edificio Banco de Bilbao (Madrid). Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia.....	26
Ilustración 6. Plantas Edificio Banco de Bilbao (Madrid). Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia.....	26
Ilustración 7. Seagram Building (New York). Fuente: Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia.....	28
Ilustración 8. Edificio Empire State (New York). Fuente: <a href="http://www.wikipedia.org">www.wikipedia.org</a> .....	29
Ilustración 9. Hotel Arts (Barcelona, España). Fuente: Sistema de información geográfica; Eduard Jordana Llorens ( <a href="http://xbardina-ejordana-gis.blogspot.com">xbardina-ejordana-gis.blogspot.com</a> ) .....	31

Ilustración 10. Torres Petronas. Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia.....	33
Ilustración 11. Edificio John Hancock Center (Chicago). Fuente: <a href="http://www.plataformaarquitectura">www.plataformaarquitectura</a> .....	33
Ilustración 12. Ducto Escalera de Emergencia. Fuente: Astorga, Nathalie. Criterios de diseño de la zona de seguridad contra incendio para edificios en altura .....	41
Ilustración 13. Puerta Corta Fuego IDRA Fuente: Elaboración propia .....	41
Ilustración 14. Altura de 22 m considerado como edificio de gran altura. Fuente: Manual de disposiciones técnicas sobre seguridad humana y protección contra incendios, Cuerpo de Bomberos de Costa Rica .....	42
Ilustración 15. Parámetros de diseño para la certificación LEED. Fuente: <a href="http://www.wikipedia.org">www.wikipedia.org</a> .....	73
Ilustración 16. Planta y Zonificación de Torre Menara. Fuente: Sachahuaman,Sandra. <a href="http://Arquitectura.blogspot">Arquitectura.blogspot</a> .....	85
Ilustración 17. Diagrama de barreras de protección de incidencia solar utilizadas en la Torre Menara. Fuente: Sachahuamán,Sandra. <a href="http://Arquitectura.blogspot">Arquitectura.blogspot</a> .....	85
Ilustración 18. Estrategias pasivas Edificio Torre Menara. Fuente: Palama, Ricardo.Slide.Share .....	86
Ilustración 19. Estrategias de diseño incorporadas al edificio Torre Menara. Fuente: Palama, Ricardo. Slide .Share .....	87
Ilustración 20. Conjunto Residencial SAYAB. Fuente: <a href="http://www.architecturelist.com">www.architecturelist.com</a> .....	88
Ilustración 21. Planta conjunto y emplazamiento Residencial SAYAB. Fuente: <a href="http://scalealuminio.altervista.org">scalealuminio.altervista.org</a> .....	91
Ilustración 22. Estrategias climáticas utilizadas en SAYAB. Fuente: <a href="http://architecturelist.com">architecturelist.com</a> .....	92
Ilustración 23.Estrategias climáticas utilizadas en SAYAB. . Fuente: <a href="http://architecturelist.com">architecturelist.com</a> .....	93
Ilustración 24. Edificios Bosco Verticale. Fuente: Lucchese Eleonora. CTBULT .....	96
Ilustración 25. Protección, Mitigación y Creación de Microclimas. Fuente: <a href="http://www.Plataformaarquitectura">www.Plataformaarquitectura</a> .....	97
Ilustración 26. Tamizaje en fachadas logradas con la vegetación según la estación. Fuente: <a href="http://www.plataformaarquitectura">www.plataformaarquitectura</a> .....	98
Ilustración 27. Sistema de riego del Bosco Verticale. Fuente: <a href="http://www.plataformaarquitectura">www.plataformaarquitectura</a> .....	99
Ilustración 28. Mapa ubicación Edificio Vistas del Robledal. Fuente: Elaboración propia / referencia <a href="http://googlemaps.com">googlemaps.com</a> .....	101
Ilustración 29. Fotografía Edificio Vistas del Robledal. Fuente: Grupo Inmobiliario El Parque .....	102
Ilustración 30. Diagrama Planta de Conjunto Condominio Vistas del Robledal. Fuente: Elaboración propia .....	103

Ilustración 31. Sección A-A del conjunto Vistas del Robledal. Fuente: Elaboración propia .....	103
Ilustración 32. Isométrico Conjunto del Condominio Residencial Vistas del Robledal. Fuente: Elaboración propia.....	104
Ilustración 33. Zonificación por tipo de apartamento nivel 2° al nivel 6°. Fuente: Elaboración propia .....	110
Ilustración 34. Detalle de plantas Apartamentos 1, 2 y 4 del Nivel 2° al Nivel 6°. Fuente: Elaboración propia .....	110
Ilustración 35. Detalle de plantas Apartamentos 3 y 5 del Nivel 2° al Nivel 6°. Fuente: Elaboración propia .....	111
Ilustración 36. Zonificación por tipo de apartamento nivel 7° al nivel 13°. Fuente: Elaboración propia .....	111
Ilustración 37. Detalle de plantas Apartamentos 1,6,7,8 y 9 del Nivel 7° al Nivel 13°. Fuente: Elaboración propia.....	112
Ilustración 38. Zonificación 1° Nivel Penthouse. Fuente: Elaboración propia .....	112
Ilustración 39. Detalle planta típica de Penthouse 1° Nivel. Fuente: Elaboración propia .....	113
Ilustración 40. Zonificación 2° Nivel Penthouse. Fuente: Elaboración propia .....	113
Ilustración 41. Detalle planta típica de Penthouse 2° Nivel. Fuente: Elaboración propia .....	114
Ilustración 42. .Planta Nivel 0.00 -6.00 m Cuarto de máquinas y soporte Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	115
Ilustración 43. Elementos estructurales Nivel 0.00 (área acceso y parqueos). Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	115
Ilustración 44. Elementos estructurales Nivel 2° al 6° (Apartamentos). Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	116
Ilustración 45.Elementos estructurales Nivel 7° al 13° (Apartamentos). Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	116
Ilustración 46. Elementos estructurales 1° Nivel Penthouse. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	117
Ilustración 47. Elementos estructurales 2° Nivel Penthouse. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	117

Ilustración 48. Corte arquitectónico del edificio. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	118
Ilustración 49. Planta análisis estructural. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	119
Ilustración 50. Análisis de corte estructural del edificio. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	120
Ilustración 51. Corte perspectivo del edificio. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	120
Ilustración 52. Detalle Corte de apartamento típico. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas .....	121
Ilustración 53. Planta típica de sistema contra incendios existente en todos los niveles. Fuente: Planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Construcción del Arq. José Salinas .....	122
Ilustración 54. Equinoccio 21 de marzo / 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia con apoyo de análisis de incidencia solar del Software REVIT 2016.....	143
Ilustración 55. Solsticio 21 de junio / 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia con apoyo de análisis de incidencia solar del Software REVIT 2016.....	144
Ilustración 56. Incidencia de los vientos sobre el edificio. Fuente: Elaboración propia .....	145
Ilustración 57. Análisis de sombreamiento, fachada Este de 5:30am a 8:30am. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	148
Ilustración 58. Análisis de sombreamiento, fachada Este de 9:30am a 12:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	149
Ilustración 59. Análisis de sombreamiento, fachada Oeste de 11:30am a 2:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	150
Ilustración 60. Análisis de sombreamiento, fachada Oeste de 2:30pm a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	151
Ilustración 61. Análisis de sombreamiento, fachada Norte de 6:00am a 9:00am. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	152
Ilustración 62. Análisis de sombreamiento, fachada Norte de 11:00am a 1:00pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	153

Ilustración 63. Análisis de sombreadamiento, fachada Norte de 1:00pm a 5:00pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	154
Ilustración 64. Análisis de sombreadamiento, fachada Sur de 5:30am a 6:30am. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	155
Ilustración 65. Análisis de sombreadamiento, fachada Sur de 7:30am a 10:30am. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	156
Ilustración 66. Análisis de sombreadamiento, fachada Sur de 11:30am a 2:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	157
Ilustración 67. Análisis de sombreadamiento, fachada Sur de 3:30pm a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	158
Ilustración 68. Análisis de radiación incidente en fachada Este periodo de 5:40am a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	160
Ilustración 69. Fuente: Análisis de radiación incidente en fachada Oeste periodo de 5:40am a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	161
Ilustración 70. Análisis de radiación incidente en Nivel de Penthouse, fachada Oeste periodo de 5:40am a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	161
Ilustración 71. Análisis de radiación incidente sobre el espacio interno (Nivel 2° al 6°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	162
Ilustración 72. Análisis de radiación incidente sobre el espacio interno (Nivel 7° al 13°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	163
Ilustración 73. Análisis de radiación incidente sobre el espacio interno (Nivel 14° Penthouse) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	164
Ilustración 74. Análisis de Iluminación natural dentro de los aposentos (Nivel 2° al 6°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	165
Ilustración 75. Análisis de Iluminación natural dentro de los aposentos (Nivel 2° al 6°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	167

Ilustración 76. Análisis de Iluminación natural dentro de los aposentos (Nivel 2° al 6°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	168
Ilustración 77. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	169
Ilustración 78. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	170
Ilustración 79. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	171
Ilustración 80. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	171
Ilustración 81. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	172
Ilustración 82. Análisis de flujo del aire al interior del edificio Nivel 4° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	173
Ilustración 83. Análisis de vectores de flujo (dirección del movimiento de aire) Nivel 4° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	174
Ilustración 84. Análisis de flujo del aire al interior del edificio Nivel 10° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	174
Ilustración 85. Análisis de vectores de flujo (dirección del movimiento de aire) Nivel 10° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	175
Ilustración 86. Análisis de flujo del aire al interior del edificio Nivel 14° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	175
Ilustración 87. Análisis de vectores de flujo (dirección del movimiento de aire) Nivel 14° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.....	176
Ilustración 88. Análisis de radiación solar incidente sobre el edificio. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	176

Ilustración 89. Análisis de radiación solar incidente sobre el edificio. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL. ....	177
Ilustración 90. Diagrama ilustrativo pautas de diseño a implementar. Fuente: Elaboración propia .....	222
Ilustración 91. Diagrama 1 Propuesta de intervención .....	222
Ilustración 92. Propuesta de Intervención Niveles 2° al 6° y 7° al 13°. Fuente: Elaboración propia .....	223
Ilustración 93. Propuesta de Intervención 1° y 2° Nivel de Penthouse. Fuente: Elaboración propia .....	224
Ilustración 94. Situación actual de Azotea. Fuente: Elaboración propia .....	224
Ilustración 95. Rediseño de Planta Arquitectónica Nivel 2° al 6°. Fuente: Elaboración propia .....	225
Ilustración 96. Rediseño de Planta Arquitectónica Nivel 7° al 13°. Fuente: Elaboración propia .....	226
Ilustración 97. Rediseño de Planta Arquitectónica 1° Nivel de Penthouse. Fuente: Elaboración propia .....	227
Ilustración 98. Rediseño de Planta Arquitectónica 2° Nivel de Penthouse. Fuente: Elaboración propia .....	228
Ilustración 99. Rediseño de Planta Arquitectónica Nivel de Azotea. Fuente: Elaboración propia .....	229
Ilustración 100. Planta Conjunto 3D Explorado de la propuesta del proyecto. Fuente: Elaboración propia .....	230
Ilustración 101. Isométrico General de la propuesta a implementar. Fuente: Elaboración propia .....	231
Ilustración 102. Corte Isométrico del edificio, detalle de los ductos internos y de la iluminación mediante domos acrílicos. Fuente: Elaboración propia .....	232
Ilustración 103. Domo Acrílico Mod. 750-DS. Fuente: Solatube, Ambiente S.A: .....	232
Ilustración 104. Detalle de Estructura colocada en fachadas en madera laminada. Fuente: Elaboración propia.....	233
Ilustración 105. Detalle y especificaciones de la estructura en madera laminada. Fuente: Elaboración propia.....	234
Ilustración 106. Detalle de piezas y uniones en balcones. Fuente: Elaboración propia .....	234
Ilustración 107. Detalle de piezas y uniones en aleros. Fuente: Elaboración propia ..	235
Ilustración 108. Detalle de Pared Verde, como barrera divisoria en balcones. Fuente: Elaboración propia .....	236
Ilustración 109. Tipos de plantas para pared verde. Fuente: Ecoterra Landscaping.	237
Ilustración 110. Detalle Manguera sistema por goteo. Fuente: Ecoterra Landscaping .....	237

Ilustración 111. Módulo 01 diseño estructural de balcones. Fuente: Elaboración propia .....	238
Ilustración 112. Módulo 02 diseño estructural de balcones. Fuente: Elaboración propia .....	239
Ilustración 113. Planta de Techos analizada. Fuente: Elaboración propia .....	239
Ilustración 114. Marco típico de estructura soporte de la cubierta en Azotea. Fuente: Elaboración propia .....	240
Ilustración 115. Vista tridimensional. Fuente: Elaboración propia .....	240
Ilustración 116. Modelo del techo del edificio. Fuente: Ing. Jorge Daniel Rodríguez Hernández.....	244
Ilustración 117. Modelo de balcones. Fuente: Ing. Jorge Daniel Rodríguez Hernández .....	245
Ilustración 118. Modelo estructura Louvers. Fuente: Ing. Jorge Daniel Rodríguez Hernández.....	245
Ilustración 119. Propuesta ubicación de paneles fotovoltaicos en el proyecto. Fuente: Elaboración propia .....	301
Ilustración 120. Detalle propuesta ubicación de paneles solares sobre azotea. Fuente: Elaboración propia .....	301
Ilustración 121. Diagrama funcionamiento de la recolección de agua de lluvia, y su implementación a los sistemas de apoyo y servicios. Fuente: Elaboración propia ...	303
Ilustración 122. Planta purificadora Rotoplas. Fuente: Rotoplas.com.....	308
Ilustración 123. Detalle aleros en ventanas. Fuente: Elaboración propia .....	308
Ilustración 124. Detalle de Aleros / Louvers Fuente: Elaboración propia .....	309
Ilustración 125. Detalle de Pérgolas y Louvers. Fuente: Elaboración propia.....	309
Ilustración 126. Imágenes comparativas de la incidencia solar antes y después de colocar aleros en ventanas 0+ 2.65m fachada Oeste para el Solsticio del 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia .....	310
Ilustración 127. Imágenes comparativas de la incidencia solar antes y después de colocar aleros en ventanas en Nivel 0 + 26.50 fachada Oeste para el Solsticio del 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia .....	311
Ilustración 128. Imágenes comparativas de la incidencia solar antes y después de colocar aleros en ventanas 0+ 2.65m fachada Este para el Solsticio del 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia .....	311
Ilustración 129. . Imágenes comparativas de la incidencia solar antes y después de colocar aleros en ventanas 0+ 26.50 m fachada Este para el Solsticio del 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia .....	312
Ilustración 130. Detalle barandas en balcones, que permiten el paso de la ventilación natural. Fuente: Elaboración propia .....	313
Ilustración 131. Detalle de Aleros propuestos con láminas de Siding. Fuente: Elaboración propia .....	315




Ilustración 132. Propuesta de diseño para Azotea. Fuente: Elaboración propia.....	317
Ilustración 133. Áreas de esparcimiento en el conjunto. Fuente: Elaboración propia .....	317
Ilustración 134. Comparación edificio original vs. Propuesta a implementar. Fuente: Elaboración propia.....	318
Ilustración 135. Perspectiva nocturna del edificio Fuente: Elaboración propia.....	319
Ilustración 136.isométrico del edificio Fuente: Elaboración propia.....	319

## Lista de abreviaturas

APC	Administración de proyectos de construcción
AYA	Acueductos y Alcantarillados
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
DJCA	Declaración Jurada de Compromisos Ambientales
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
GBC	Green Building Council (Consejo de la Construcción Verde)
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design (Directiva en Energía y Diseño Ambiental)
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
INCOFER	Instituto Costarricense de Ferrocarriles
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
LPU	Ley de Planificación Urbana
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
NFPA	National Fire Protection Association
PGA	Plan de Gestión Ambiental
RCNFU	Reglamento para el control nacional de fraccionamiento y urbanismo
SETENA	Secretaria Técnica Nacional Ambiental
PGA	Plan de Gestion Ambiental
UCR	Universidad de Costa Rica
USGBC	United States Green Building Council (Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos)
ZPVS	Zona de Protección de Vegetación y Suelo

## Licencia de publicación de trabajo final de graduación

	<b>UNIVERSIDAD DE COSTA RICA</b>	<b>SEP</b> Sistema de Estudios de Posgrado
<b>Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.</b>		
Yo, <u>Kenneth Aguilar Bonilla</u> , con cédula de identidad <u>3-380-561</u> , en mi condición de autor del TFG titulado <u>Análisis de un edificio nacional en altura, desde el punto de vista de la sostenibilidad</u> <u>Estudio de caso: Edificio de condominio vertical residencial Vistas del Robledal</u>		
Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI <input checked="" type="checkbox"/> NO * <input type="checkbox"/>		
*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).		
Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.		
Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.		
<b>INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:</b>		
Nombre Completo: <u>Kenneth Aguilar Bonilla</u>		
Número de Carné: <u>A06004</u> Número de cédula: <u>3-380-561</u>		
Correo Electrónico: <u>kab.arquitecto@gmail.com</u>		
Fecha: <u>14 abril del 2020</u> Número de teléfono: <u>8328-8518</u>		
Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): <u>Mag. Arq. Rudy Piedra Mena</u>		
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <b>KENNETH AGUILAR BONILLA (FIRMA)</b> </div> <div style="margin-left: 10px; font-size: small;">             Firmado digitalmente por KENNETH AGUILAR BONILLA (FIRMA) Fecha: 2020.04.16 07:58:42 -06'00'           </div> </div>		
<b>FIRMA ESTUDIANTE</b>		
<small>             Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.           </small>		

## INTRODUCCIÓN

El presente documento realiza el análisis de un edificio construido en altura, bajo el formato de condominio vertical residencial, ubicado en la Uruca, en la provincia de San José.

El objetivo del análisis es evaluar el proyecto desde una óptica de sostenibilidad, con el fin de realizarle una intervención tipo remodelación, que provoque un mejoramiento en ámbitos ambientales y sociales en términos de sostenibilidad constructiva y habitable.

El interés de realizar dicho análisis nace debido al auge inmobiliario de construir edificios en altura tipo condominio residencial, opción que ha surgido como respuesta a los problemas de conseguir terrenos ubicados cerca de la gran área metropolitana, y a que los disponibles tienen una gran plusvalía.

Este tipo de desarrollo en altura, será una respuesta creciente, que se seguirá aplicando en los próximos años, como una solución inteligente para cualquier ciudad que ya no cuente con espacio y que necesite reactivar su economía, densificando con núcleos polifuncionales urbanos, en donde se integre comercio, oficinas y habitación en un solo edificio, como está sucediendo en muchas ciudades de Latinoamérica.

Es por este motivo, que este documento busca enfocarse en analizar un estudio de caso de un edificio nacional, que tuviera como principal característica ser un edificio en altura, que funcionara como un condominio de tipo vertical, para poder analizar su funcionamiento en aspectos técnico-constructivos, funcionales, legales, de operación, planificación, costos de construcción y consumo de energía, y poder ver su relación con los diferentes tipos de economías.

Actualmente en Costa Rica las inmobiliarias casi no incorporan en sus diseños criterios de sostenibilidad en sus proyectos, ya que aducen que esto les generaría un aumento en la inversión inicial de un 7% aproximadamente, sin embargo, con esta investigación se busca justificar que dicha inversión inicial puede ser recuperable y rentable en el tiempo, ya que se pueden obtener diferentes incentivos económicos por reducción de gastos por concepto de menor consumo energético y de agua potable.

Además, bajo la propuesta de intervención se plantea involucrar costos sociales, ecológicos y ambientales, promoviendo beneficios que fortalezcan la salud mental y física de sus ocupantes, así como beneficios indirectos a la comunidad en donde se ubica el proyecto.

## **ANTECEDENTES**

La municipalidad de San José mediante el plan Director Urbano ha concedido aumentar el CAS (Coeficiente de Aprovechamiento de Suelos) lo que permite a desarrollos inmobiliarios construir edificios de mayor altura. Esto comienza a desarrollarse en el Plan Director Urbano del 2005 donde especifican que en lotes mayores a 1250 m<sup>2</sup>, la municipalidad dispondrá al desarrollador de un 10% más de densidad, también deben estar ubicados en el eje urbano: Sabana, Paseo Colón, Avenida Segunda y radial de San Pedro. La Municipalidad determinó estas ubicaciones para densificar porque se encuentra en desarrollo el proyecto de sectorización de transporte, donde generarían una mejor movilización urbana.

A raíz de esto se genera un auge inmobiliario en el sector oeste de la ciudad, por densificar mediante edificios en altura, debido a la escasez de terrenos y alta plusvalía de las tierras.

Los antecedentes del Plan Director Urbano y del Plan regulador de San José, han marcado un antes y un después en la ciudad, las propiedades y construcciones viejas también aumentaron su valor; se ha generado una especulación en el precio de la construcción y compra de viviendas.

Y sin poder llevar en paralelo el plan de mejoramiento de transporte público (ha existido una negativa de negociación entre la cámara de transporte y el MOPT), la ciudad ha llegado a ser intransitable y poco sostenible. La importancia como desarrolladores inmobiliarios, como mínimo, sería tener el menor impacto negativo posible en su comunidad, más bien retribuir o brindar algún beneficio en el espacio donde se desarrollará y mejorar la calidad de vida de su residente.

Las técnicas de sostenibilidad en la construcción nacional, se vuelven una necesidad, ante el incremento en el consumo de energía y contaminación que genera un desarrollo inmobiliario de gran magnitud.

## Justificación

La poca implementación de pautas y criterios de diseño de sostenibilidad en edificios de altura.

**La investigación es una evaluación y propuesta de intervención** sobre el Condominio Vista del Robledal y su contexto inmediato, para mejorar el proyecto en ámbitos ambientales, sociales en términos de sostenibilidad constructiva y habitable en la provincia de San José, Distrito La Uruca, 300mts este y 50 Norte del Hotel San José Palacio.

## Problema de Investigación

¿Cómo lograr mediante una intervención o adecuación de a un edificio en altura construido, un mejoramiento del proyecto en términos de sostenibilidad constructiva y habitable? que contemple:

- Estrategias pasivas y sistemas alternativos de energía,
- Uso eficiente del agua,
- Confort Climático,
- Reciclaje y reutilización y
- Interacción social, salud mental y física.

## Objetivo General

Realizar una investigación aplicada al edificio en altura Vistas del Robledal, con el objetivo de implementar a nivel de diseño, ingeniería de valor y constructividad mejoras viables de intervención bajo conceptos de sostenibilidad

## Objetivos específicos

- Analizar el edificio actual a nivel formal, estructural, espacial, funcional, electromecánico y climático.
- Determinar aspectos positivos y negativos del edificio actual, para fortalecer el proyecto desde el punto de vista de sostenibilidad.
- Analizar el edificio bajo conceptos de sostenibilidad y evaluar mediante la herramienta multicriterio con variables apoyadas en dos referencias: Guía de construcción sostenible y The Sustainable Site Initiative.
- Realizar una propuesta o anteproyecto refinado, con mejoras viables de una intervención al edificio existente utilizando sistemas y métodos constructivos, bajo criterios de sostenibilidad
- Evaluar los resultados y hallazgos junto con la matriz multicriterio para determinar si hubo una mejora en términos de sostenibilidad, después de implementar la intervención al edificio

## Metodología de estudio

La metodología de investigación consiste en analizar un estudio de caso de un proyecto nacional, que tuviera como principal característica ser un edificio con una altura mayor a los siete niveles.

El planteamiento metodológico que se utiliza a nivel general se desarrolla de macro a micro de la siguiente manera: Se realiza una investigación preliminar de los requerimientos básicos que conlleva construir y desarrollar un edificio de estas características, en lo que concierne a tramitología, normativa, construcción y funcionamiento.

1. Se plantea una investigación lineal que contempla tres etapas:

- **FORMULACIÓN Y DIAGNÓSTICO**, en esta etapa se describe y analiza el estudio de caso seleccionado. Se realiza una investigación detallada a nivel espacial, funcional, electromecánico, climático y financiero del edificio. Así mismo el edificio es sometido a valoración por medio de la matriz multicriterio, dicha matriz será detallada posteriormente en la descripción de la metodología.
- **CONFIGURACION Y DISEÑO**, en esta etapa se implementa ingeniería de valor, con mejoras y propuestas mediante un anteproyecto refinado que contemple criterios de sostenibilidad. En esta etapa se realizará un replanteamiento de los materiales inicialmente propuestos, en aras de la sostenibilidad y criterios del análisis de la investigación, se generará un modelo 3D, vistas tridimensionales y vistas seriadas del conjunto más representativas, secciones y elevaciones que permitan una completa interpretación de la propuesta.
- **EVALUACION DE LA PROPUESTA**, como ejercicio de cierre, el edificio será evaluado nuevamente por medio de la matriz multicriterio para evaluar sus posibilidades de éxito, utilizando criterios de sostenibilidad. De dicha evaluación se generarán las conclusiones y recomendaciones finales.

Dicha metodología se detalla en el siguiente diagrama:

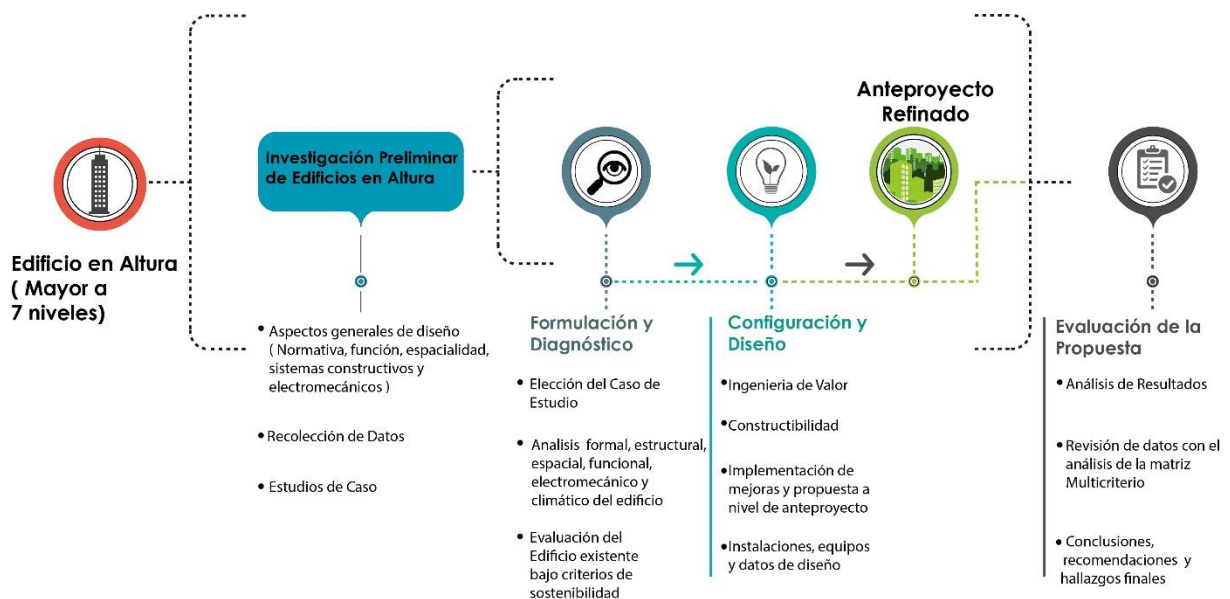


Figura 1. Diagrama metodología general de investigación. Fuente Elaboración propia



A continuación, se procede a detallar la metodología de investigación dentro de cada etapa.

## Formulación y diagnóstico

En esta etapa se selecciona el edificio, el cual para este estudio de caso consiste en un edificio de 16 niveles con una altura 42.65 metros en su punto más alto, en donde su funcionamiento obedece a un proyecto de índole habitacional tipo condominio vertical, desarrollado por el grupo inmobiliario El Parque.

Se realizará una descripción del edificio en altura seleccionado, a nivel formal, estructural, espacial, funcional, electromecánico y climático del edificio. Como segunda etapa se realiza un análisis al edificio bajo conceptos de sostenibilidad, en donde es evaluado por medio de la matriz multicriterio aplicada en la maestría de arquitectura y construcción, en la Universidad de Costa Rica, con variables apoyados en dos libros:

- “Guía de construcción sostenible”
- “The Sustainable site initiative”

El objetivo de esta evaluación es determinar los aspectos positivos y negativos del edificio, para fortalecer el proyecto desde el punto de sostenibilidad físico-ambiental, socio-cultural y económico-financiero.

Dicho proceso se detalla a continuación en los siguientes gráficos:

1er. Orden de jerarquía Sostenibilidad		2do. Orden de jerarquía Variables	3er. Orden de jerarquía Estados o criterios		
1	Físico ambiental (A %) 4 variables 16 estados	13 o 14 Actividades o variables 1- Movimiento tierra 2- Asoleamiento 13- Manejo aguas servidas	Estados		Valor
			a- Piso absorbe bien el calor	sin refracción / edific.	buena sombra arbórea 3
			b- Piso regular absorberencia	poca refracción / edific.	media arborización 2
			c- Piso poca absorberencia	regular refracción / edific.	poca arborización 1
2	Socio cultural (B %) 4 variables 16 estados	15 Actividades o variables 1- Equipamiento cultural 2- Equipamiento comunitario 15- Control y vigilancia	d- Piso no absorbe el calor	alta refracción / edific.	sin arborización 0
			Estados		Valor
			a- Población tributaria	50.000 o más	utilización efectiva 25% o más 3
			b- Población tributaria	20.000 a 49.999	utilización efectiva 20% a 24,99% 2
3	Económico financiero( C%) 4 variables 16 estados	5 u 8 Actividades o variables 1- Factibilidad financiera 2- Población beneficiada 8- vida útil	c- Población tributaria	5.000 a 19.999	utilización efectiva 10% a 19,99% 1
			d- Población tributaria	menos 5.000	utilización efectiva menos de 10% 0
			Estados		Valor
			Total		100 %

Notas: A B C – estos valores resultan de la evaluación de factores del primer orden de jerarquía  
Las variables y los estados desarrollados son ejemplos del posible alcance y contenido de los mismos

Figura 2. Tabla de análisis de Multicriterio, aplicado en la Maestría de Arquitectura y Construcción, bajo la metodología aplicada por el Arq. Jorge Evelio Ramírez. Fuente: Ramírez. J.(2012) modelo multicriterio, arquitectura y pedagogía

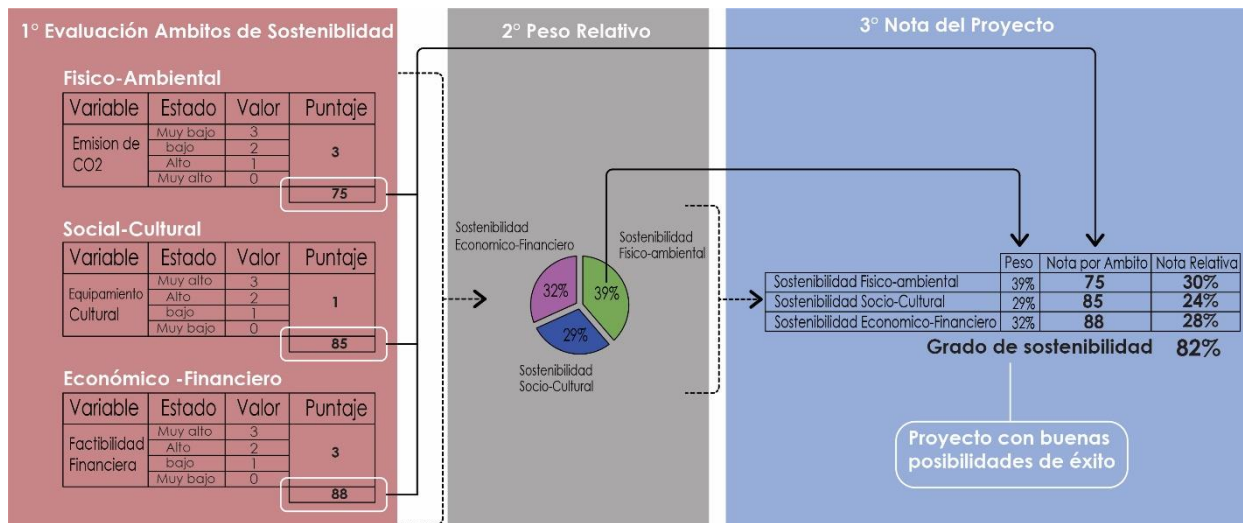


Figura 3. Diagrama procedimiento para la aplicación del análisis Multicriterio aplicado en la Maestría de Arquitectura y Construcción, bajo la metodología aplicada del Arq. Jorge Evelio Ramírez. Fuente: Ramírez. J. (2012) modelo multicriterio, arquitectura y pedagogía

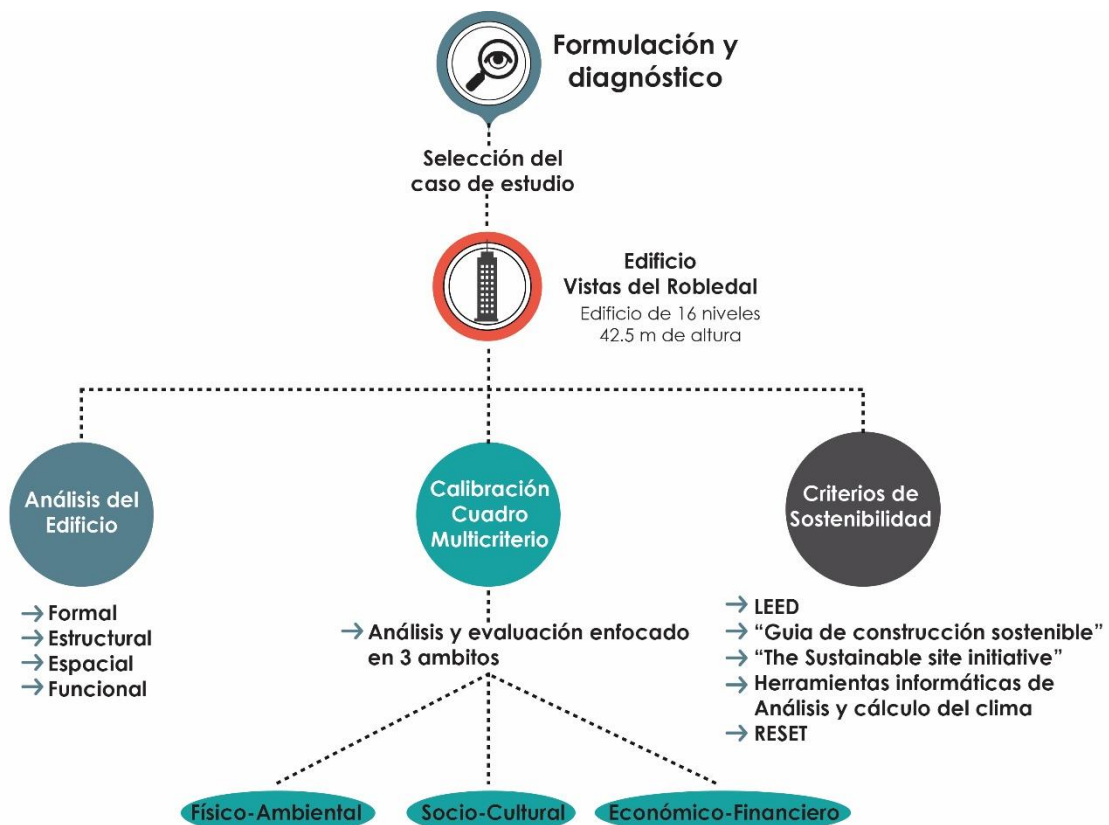


Figura 4. Diagrama Metodología de Investigación Fase de Formulación y Diagnostico. Fuente: Elaboración propia

## Configuración y diseño

En esta etapa se recomienda la implementación de mejoras en el diseño del edificio, que sean viables desde una óptica de remodelación, y que obedezca a necesidades sostenibles.

Se desarrolla una propuesta a nivel de anteproyecto refinado, implementando ingeniería de valor, realizando un replanteamiento a nivel de sistemas y de materiales nuevos a colocar en relación a los ya existentes en el edificio original.

Se genera por medio del software REVIT 2016, un modelo tridimensional que permitirá realizar un análisis completo de la nueva propuesta. Se realiza un análisis climático, que contempla el estudio de incidencia solar, así como de vientos predominantes que afectan al proyecto.

Se realiza el cálculo estimado de consumo de energía eléctrica, con el fin de determinar la energía en kwh/mes demandado en el edificio, y su impacto económico en la factura, esto con el objetivo de poder estimar un cálculo de ahorro en el pago del servicio eléctrico por concepto de implementación de sistemas alternativos de energía.

Se analiza también el cálculo de consumo de agua potable del edificio actual, este cálculo se realiza basado en el código de instalaciones hidráulicas, en donde se calcula la dotación mínima de agua potable (litro/día) utilizando diferentes parámetros como: consumo de agua potable por persona por día, el consumo de servicios sanitarios, duchas, lavadoras por pieza y riego de áreas verdes y jardines por m2, esto con el fin de estimar un ahorro del consumo de agua potable.

Además, se realiza un cálculo estimado del costo del proyecto, y la recuperación de inversión por venta de apartamentos, para determinar la utilidad que generaría el proyecto, sin implementar conceptos de sostenibilidad, apoyado simplemente en un enfoque de análisis financiero de economía estándar, contemplando aspectos de inversión y recuperación por venta.

Para realizar este análisis, debido a que no se contaba con un presupuesto real del proyecto, se decidió realizar un estimado del costo del mismo utilizando el manual por tipología constructiva que utiliza el Ministerio de Hacienda actualizada al año 2017.

Se realizó una cuantificación y categorización de todas las áreas que posee el proyecto, posteriormente se le dio un valor por metro cuadrado de acuerdo al manual de valores base unitaria por tipología constructiva, ciertamente este puede

ser un valor que posea variantes con los costos reales del proyecto, pero sirven para crear un parámetro de costo de inversión.

Para calcular la recuperación por venta de apartamentos, se tuvo que crear un posible escenario de venta, en donde se tomaron en cuenta las variables y precios suministrados por Grupo Inmobiliario el parque, en donde se contemplaban aspectos como: cantidad de m2 de construcción, nivel en donde se ubica el apartamento y cantidad de parqueos disponibles por apartamento etc.

Este análisis financiero tiene como objetivo determinar la utilidad generada por el edificio actual, para posteriormente compararlo con la posible utilidad que podría tener el proyecto al implementar estrategias de sostenibilidad que provocarían un aumento en la inversión inicial, pero que en el mediano y largo plazo pueden generar ahorros que representaran un retorno de la inversión al reducir los costos de operación del edificio.

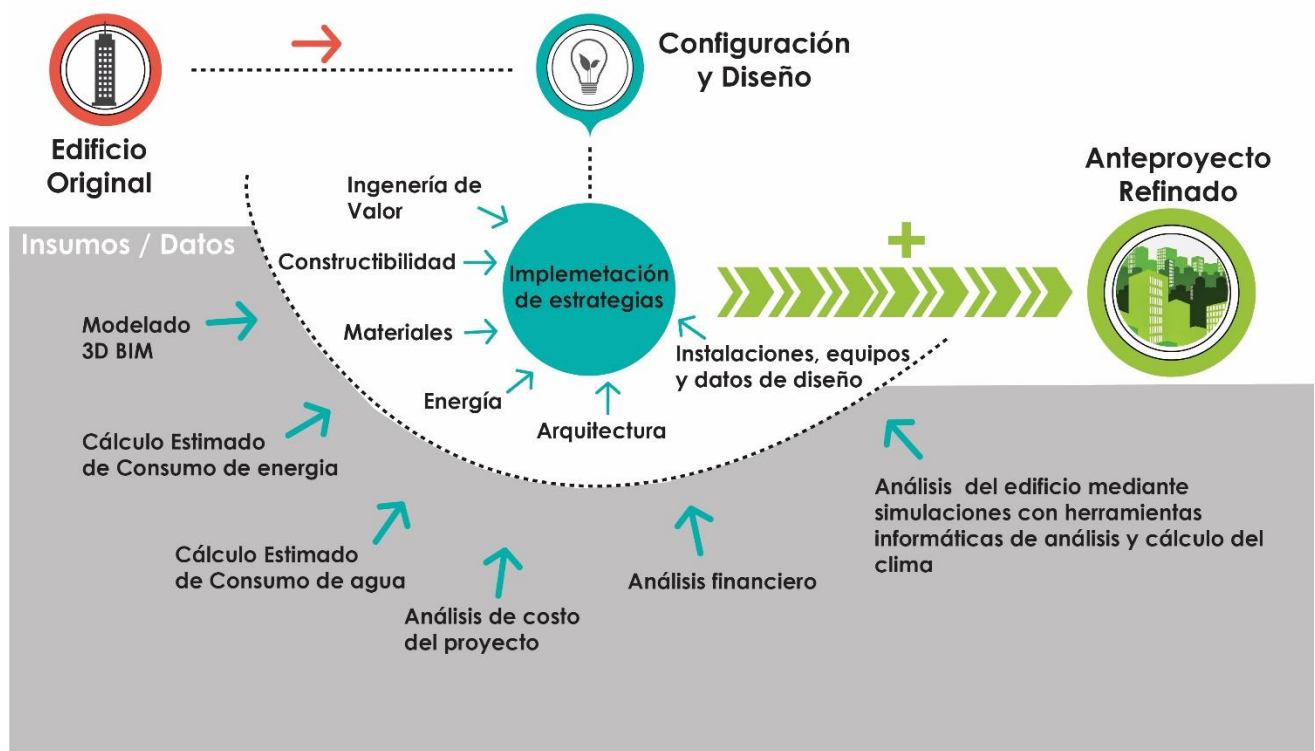


Figura 5. Diagrama Metodología de Investigación Fase Configuración y diseño. Fuente: Elaboración propia

## Evaluación de la propuesta

Como última etapa, el proyecto se someterá nuevamente a evaluación después de haber implementado las mejoras recomendadas, con la matriz multicriterio, para ver los alcances y determinar si el proyecto tiene posibilidades de éxito desde un punto de vista de sostenibilidad. De dicha evaluación se generaran las conclusiones, hallazgos y recomendaciones finales.

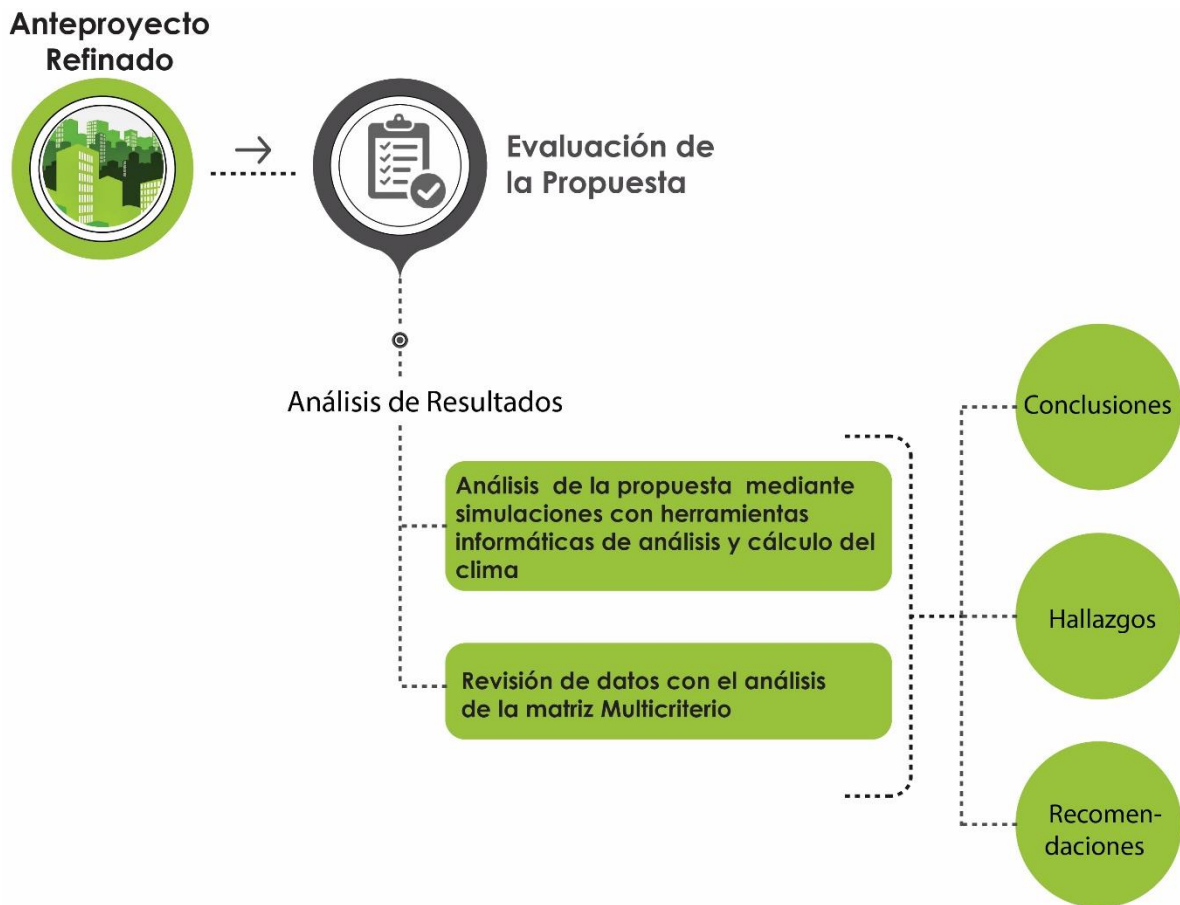


Figura 6. Diagrama Metodología de Investigación Fase Evaluación de la propuesta. Fuente: Elaboración propia

## **FASE I. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR DE EDIFICIOS EN ALTURA**

### **1.1 Origen y concepto de los edificios de altura**

Un edificio en altura no es simplemente un edificio que tiene muchas plantas o niveles, sino que se trata de un edificio que reúne las siguientes condiciones: su altura supera los 50m o tiene más de 12 plantas, es esbelto (ya que un edificio alto con mucha huella o base, no será esbelto y por tanto no se considerará un edificio en altura), predominan las acciones horizontales sobre las verticales en el cálculo y diseño de su estructura y está dotado de tecnologías específicas (transporte vertical, instalaciones, arrostramientos, amortiguadores, mantenimiento etc.)<sup>1</sup>

Es en los edificios de altura en donde la estructura se comporta de un modo espacial frente a la acción de las cargas, tanto verticales como horizontales, en donde se produce una interacción entre axil, flector y cortante.

La construcción de edificios de altura aparece como un fenómeno que se presenta inicialmente en Estados Unidos, a mediados del siglo XIX, como consecuencia directa del invento del ascensor por Elisa Graves Otis, ya que pasar de un edificio de 4 pisos a 6 pisos, sin contar con un elevador mecánico para el transporte de personas, resultaba inconcebible.<sup>2</sup>

El desarrollo de los edificios en altura surge paralelamente con el crecimiento paulatino de la población. Con el proceso de la industrialización (hacia el siglo XIX), se produjo un traslado de la población rural a la ciudad y además una evolución de la tecnología relativa en los sistemas de transporte vertical, instalaciones mecánicas y eléctricas, así como el surgimiento de nuevos materiales y sistemas constructivos.<sup>1</sup>

Los primeros edificios en altura se construyeron de ladrillo, pero se fue comprobando que este no era un material adecuado, ya que al ir aumentando el número de pisos, se tenía que ir aumentando mucho el espesor de las paredes (el Monadnock Building en Chicago, construido en 1891, tenía paredes de 1.80m de espesor para poder soportar 16 niveles).

Por este motivo, es que poco a poco, se empieza a implementar en el diseño de edificios la utilización del acero y del vidrio, para lograr edificaciones más esbeltas, combinándolas con muros de carga que les diera rigidez.

Desde la segunda mitad del siglo XIX, el acero fue sustituyendo paulatinamente el ladrillo, pasando por distintas etapas que las que ambos formaban parte de la estructura. Posteriormente los muros de ladrillo empezaron a cumplir solo funciones de

<sup>1</sup> Regalado, F. (s.f) Edificios de gran altura. Cuaderno TC, p.10

<sup>2</sup> Basset, S. (s.f) Edificios en altura, p. 1



cerramiento como en el edificio (Home Insurance Building de W. Jenney, en Chicago de 1885), el cual es considerado el primer edificio alto en ser soportado, tanto por dentro como por fuera, por una estructura a prueba de fuego de marcos de acero y metal, incluyendo hormigón armado, posteriormente se empezó solo a utilizar acero para resolver el tema estructural, como en el edificio Rand Mc Nally Building diseñado por Burham and Root, el cual se considera el primer rascacielos con estructura de acero en el mundo, en paralelo se construyó en New York el Flatiron Building, en donde el uso del acero en su construcción permitió que la obra alcanzara los 87 metros de altura, lo que habría sido muy difícil empleando las técnicas habituales de la época.<sup>1</sup>

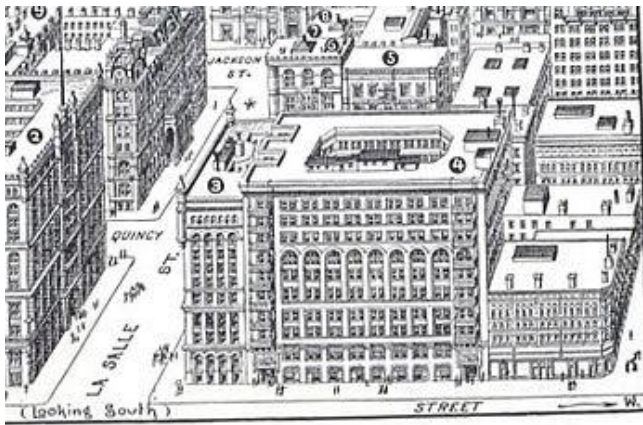


Ilustración 1. Rand Mc Nally Building (Chicago)



Ilustración 3. Flatiron Building (New York)



Ilustración 2. Masonic Temple Building (Chicago)

En 1890 el hormigón empieza a utilizarse como material estructural, tomando posiciones poco a poco en la construcción de edificios en altura. En primera instancia se imitaba a la estructura de acero, pero posteriormente de la segunda guerra mundial, el hormigón empezó a adquirir identidad propia.<sup>1</sup>

En 1891 se desarrolló el concepto de pantalla vertical utilizado en la construcción del Edificio Masonic Temple, construido en 1891 en la ciudad de Chicago, de Burham y Root. Como las fuerzas de viento a esa altura son importantes, para aumentar la rigidez lateral de la estructura de acero se introdujeron arriostramientos diagonales en fachada, creando una estructura triangulada vertical y el concepto de pantalla contra viento.<sup>1</sup>

Los edificios de altura de hoy en día son continuos por naturaleza y eficientes en lo referente a la distribución y composición de la estructura.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Regalado, F. (s.f) Edificios de gran altura. Cuaderno TC, p.10

## 1.2 Criterios de Estructuración de Edificios en altura

Un Edificio en Altura se caracteriza por su verticalidad y esbeltez, los cuales desde un punto de vista resistente equivalen de forma simplificada a una viga vertical esbelta en voladizo con la base fijada al suelo, que resiste cargas gravitatorias (cargas permanentes o sobrecargas) y acciones horizontales como los vientos y los sismos, en donde estas últimas tienen acciones predominantes sobre las verticales.<sup>3</sup>

Podría decirse que un edificio alto, con gran diferencia entre la superficie del terreno y su altura considerable, actúa como un cuerpo rígido empotrado en el terreno, más que como una columna apoyada. Es por ello el problema más importante es el vuelco.<sup>4</sup>

Las cargas que deciden el proyecto de un sistema estructural vertical se obtienen de la sumatoria del peso propio, las cargas de uso y del viento o sismo. Éstas se componen en una resultante oblicua.<sup>4</sup>

A menor inclinación de la resultante, mayor es la dificultad de transmitir las a la cimentación.<sup>4</sup>

La presión del viento por unidad de área se incrementa con la altura del edificio.

Su influencia en la estructura cobra mucha más importancia que las cargas verticales; la estructura vertical es cargada por el viento como una viga en voladizo es cargada por una carga vertical continua.

La característica distintiva de edificios en altura es, desde el punto de vista estructural, es la necesidad de resistir cargas horizontales. Es por este motivo que, en el diseño de la estructura, tendrán especial importancia las cargas horizontales propiciadas por vientos y sismos.<sup>4</sup>

Las presiones de viento que inciden lateralmente en un edificio, son la principal fuente de fuerzas horizontales, para el cálculo estructural del edificio. En general en edificios que no sean muy esbeltos o flexibles, la presión del viento se traduce en una presión lateral, que puede aceptarse actuando estáticamente. Las presiones del viento varían con la altura, pero de manera conservadora, por lo que se toman para el cálculo estructural como una constante, es decir, como un conjunto de fuerzas

<sup>3</sup> Ramón, S. (2014) Optimización de mallas estructurales de acero envolventes de edificios en altura, p.291

<sup>4</sup> Estructura de edificios en altura (s,f) p.57 <http://www.es.slideshare.net/análisis de edificios altos>



laterales uniformemente distribuidas con la altura. Esta aproximación es frecuentemente utilizada para describir la acción del viento.

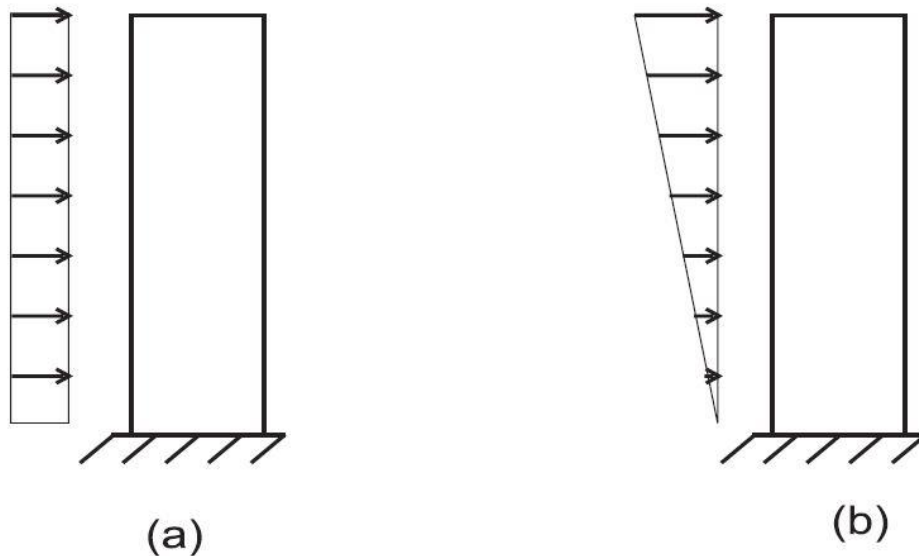


Figura 7. Cargas de viento y sismo sobre un edificio Fuente: Estructura de edificios en altura. Capítulo 4. <http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos>

(a) Cargas de viento; (b) fuerzas sísmicas equivalentes.

La actividad sísmica en nuestro país varía según la región y en las zonas intermedias y de alto riesgo pasan a ser un factor determinante a la hora de realizar el diseño estructural del edificio. La acción del sismo es sustancialmente distinta a la del viento, y se manifiesta como un movimiento en la base de la estructura. Generalmente para el cálculo de edificios convencionales de poca altura, se reemplaza la acción sísmica por un conjunto de fuerzas estáticas horizontales equivalentes, por lo que se valora como un conjunto de cargas horizontales, al igual que en el caso del viento. El comportamiento de esas fuerzas en un edificio en altura es diferente, en donde lo correcto es suponer una distribución variable lineal con la altura, tal y como se muestra en la figura 4(b). En algunos casos a este diagrama triangular de cargas suele agregarse una carga puntual en el techo a fin de mejorar la representación de las fuerzas equivalentes.<sup>5</sup>

La estructura de un edificio debe proporcionar resistencia y rigidez. Resistencia para poder garantizar la seguridad mínima requerida frente a las posibilidades de colapso de la construcción. Rigidez para evitar desplazamientos o deformaciones excesivas,

controlar las vibraciones y contribuir a la estabilidad del edificio. Las deformaciones excesivas, provocan generalmente fallas en los materiales o elementos no estructurales, como sistemas de paredes livianas, sistemas de ventanearía y repellos. Las vibraciones excesivas tienen incidencia en el confort de las personas o en la utilización de máquinas o equipos sensibles. La estabilidad del edificio, en su conjunto, exige una determinada rigidez mínima del mismo. **En síntesis, se debe proyectar en el diseño de un edificio la utilización de una estructura suficientemente resistente y suficientemente rígida. Adicionalmente a estos requerimientos, se debe implementar en el diseño de la estructura el concepto de ductilidad, esto quiere decir que la estructura debe ser capaz de sufrir suficientes deformaciones plásticas antes de alcanzar alguna deformación o colapso.** <sup>5</sup>

Podemos decir que un sistema estructural será eficiente, si las condiciones de rigidez no hacen aumentar las secciones de los elementos estructurales más allá de los valores que poseen para cumplir las condiciones de resistencia. Existen rangos de altura, para los cuales se pueden implementar diferentes sistemas para que estos sean adecuados.

Finalmente debemos entender que un edificio en altura se comporta como un voladizo sujeto en su base, en donde está sujeto a soportar cargas axiales, laterales y momentos a lo largo de toda su altura, este concepto es fundamental para entender su funcionamiento.

Para seleccionar la estructura de un edificio en altura, deben de tenerse en cuenta muchos factores además del propio comportamiento estructural. Entre ellos se podrían citar:

- Factores del terreno, se deben de tomar en cuenta realizar los estudios de suelos correspondientes para determinar las capacidades soportantes del mismo, características mecánicas, elásticas y de infiltración, de igual manera hay que valorar aspectos como geometría y topografía.
- Relación altura / anchura, magnitud que influirá en la rigidez del edificio. Cuando este valor este prefijado se elegirá el sistema estructural que se acomode mejor a las condiciones de carga y tamaño de los vanos.
- Proceso constructivo y sistema de elevación de los elementos

<sup>5</sup> Estructura de edificios en altura (s,f) pp.59,60 <http://www.es.slideshare.net/análisis de edificios altos>

- Condicionantes económicos relativos no solo al proceso constructivo sino al mantenimiento posterior, fundamental en estos edificios.
- Instalaciones (transporte vertical, sistemas de agua, sistema eléctrico, de emergencias etc.). Las instalaciones representan más de un tercio del costo de un edificio de estas características, en donde se debe diseñar dentro de la normativa y códigos de construcción de cada país.
- Sistemas contra incendios. Dado que la mayoría que de los niveles están más altos que el alcance de las escaleras de bomberos, el rescate debe realizarse desde el interior, es por este motivo de la importancia de planificar cumpliendo las normas para tener sistemas de evacuación y zonas con aislamiento del fuego, principalmente en escaleras de emergencia, se debe proveer al edificio de sistemas de extinción adecuados y sistemas de ventilación que funciones correctamente durante una emergencia.

### **1.3 Elementos básicos que constituyen la estructura de un edificio en altura**

Los elementos que conforman la estructura de un edificio en altura pueden agruparse en:

- Elementos principales
- Elementos de distribución

#### **1.3.1 Elementos principales**

Son cada uno de los “voladizos” que forman la estructura principal del edificio. Se considerará aquí tres elementos básicos: pórtico (sistema de columnas y vigas), tabique o muros y tubos. Los dos primeros son elementos planos y el tercero espacial.

- **Sistema de Marcos:**

Funciona como un plano formado por vigas y columnas unidas rígidamente. Es un elemento estructural flexible. La deformación, para el caso de las cargas laterales, está dada principalmente por la flexión de columnas y vigas y globalmente se deforma en un modo de corte (figura 5.b) las distorsiones de

<sup>5</sup> Estructura de edificios en altura (s,f) pp.59,60 <http://www.es.slideshare.net/análisis de edificios altos>

piso dependen del esfuerzo de corte global y en cada piso (las distorsiones son mayores en los pisos inferiores)

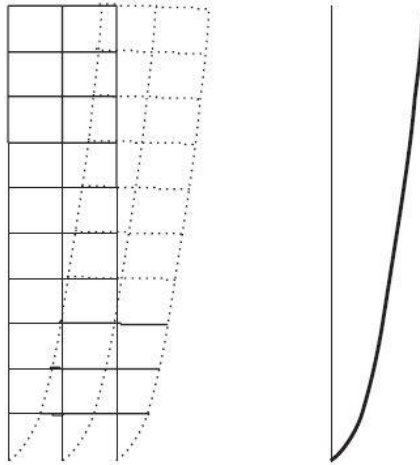


Figura 8. Pórtico. (a) Deformada; (b) Modo de deformación de corte Fuente: Estructura de edificios en altura. Capítulo 4. <http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos>

- **Sistema de Paredes**

También denominado como pared, muro de corte o pantalla (figura 6). Es un voladizo de alma llena. Su deformación, frente a cargas horizontales, se produce en un modo de flexión (figura 4.3.b). La curvatura en cada sección depende del valor del momento flector y es máxima en la base.

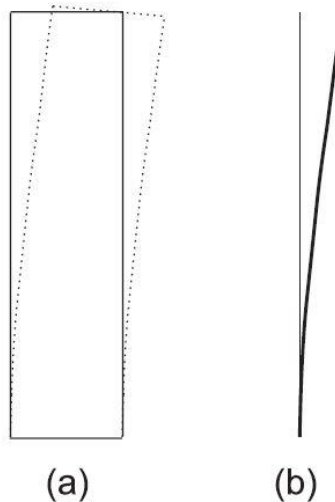


Figura 9. Tabique. (a) Deformada; (b) Modo de deformación de flexión Fuente: Estructura de edificios en altura. Capítulo 4. <http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos>

Esta estructura consiste en un conjunto de vigas y columnas dispuestas sobre la periferia formando una especie de tubo perforado (figura 7). La distribución de tensiones entre sus elementos se aparta de la correspondiente a una viga de alma llena (figura 7. b). La deformación de este elemento es intermedia a las deformaciones de flexión y de corte mencionadas anteriormente.

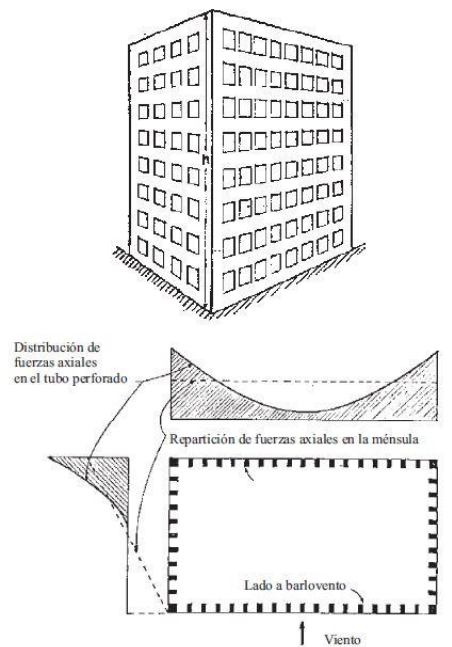


Figura 10. Tubo Estructural. (a) Estructura del edificio (b) Distribución de fuerzas en columnas  
Fuente: Estructura de edificios en altura. Capítulo 4. [http://www.es.slideshare.net/analisis de edificios altos](http://www.es.slideshare.net/analisis-de-edificios-altos)

## 1.4 Selección del material de acuerdo a la altura de una edificación

A la hora de proyectar un edificio, debemos tener claro las propiedades físicas y mecánicas de cada material seleccionado, sus capacidades, comportamiento, limitaciones y bondades.

Un factor determinante a la hora de escoger el sistema constructivo y el tipo de material para construir un edificio, es la altura, dependiendo del número de niveles que se desean construir, se determinará el sistema constructivo y el material idóneo que se ajuste a la viabilidad constructiva del proyecto, manteniéndose dentro de los parámetros mínimos que debe tener toda edificación, como los son: estabilidad, resistencia, rigidez, funcionalidad, constructibilidad, economía y estética.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Rodríguez, H. (2006) Criterios de estructuración de edificios, p.17

A nivel general, se indican algunos criterios básicos, que nos pueden ayudar a seleccionar el material que se debe utilizar de acuerdo a la altura que vamos a construir.

Dichos criterios se desglosan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Selección del material de acuerdo a la altura de la edificación. Fuente: Centro Regional de Desarrollo de Ingeniería Civil, Morelia, Mich. México. Ing. Héctor Rodríguez, (2006).

SELECCIÓN DEL MATERIAL DE ACUERDO CON LA ALTURA DE UNA EDIFICACIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Acero y mampostería	Concreto reforzado	Acero
Concreto reforzado	Acero	Concreto de alta resistencia
Concreto presforzado	Concreto prefabricado	Estructura mixta de acero y concreto
Concreto prefabricado	Concreto presforzado	Concreto postensado
	Mampostería	
<b>NOTAS:</b> Altura baja: entre 1 y 5 niveles Altura media: entre 5 y 20 niveles Edificio alto: más de 20 niveles		

## 1.5 Tipologías estructurales más usadas en edificios en altura

Las tipologías estructurales más usuales en el caso de los edificios en altura son:

- 1. Estructuras de muros de carga:** los elementos estructurales principales son elementos verticales planos, muros, que pueden disponerse longitudinalmente, transversalmente o en ambas direcciones <sup>7</sup>
- 2. Estructuras de núcleo rígido:** los elementos estructurales principales forman núcleos rígidos rodeando los huecos de los elementos de comunicación vertical, como los son ascensores, escaleras e instalaciones electromecánicas <sup>7</sup>
- 3. Estructura de marcos (marcos de columnas y vigas):** los elementos estructurales constituyen un entramado espacial de nudos rígidos. <sup>7</sup>

<sup>7</sup> Basset, S. (s,f) Edificios en altura, p. 3

4. **Combinación de marcos y muros (o núcleos):** consiste en una combinación de elementos planos en forma de muros y/o núcleos rígidos, con marcos.<sup>7</sup>
5. **Combinación de marcos arriostrados y muros (o núcleos):** la tipología anterior se completa con elementos que se denominan arriostres formando una "X" entre dos columnas y su viga correspondiente de unión entre ellas distribuidas a lo largo de la altura del edificio.<sup>7</sup>
6. **Sistemas tubulares:** En este sistema los elementos estructurales verticales se disponen muy próximos entre sí, formando una fachada que parece un tubo perforado.<sup>7</sup>

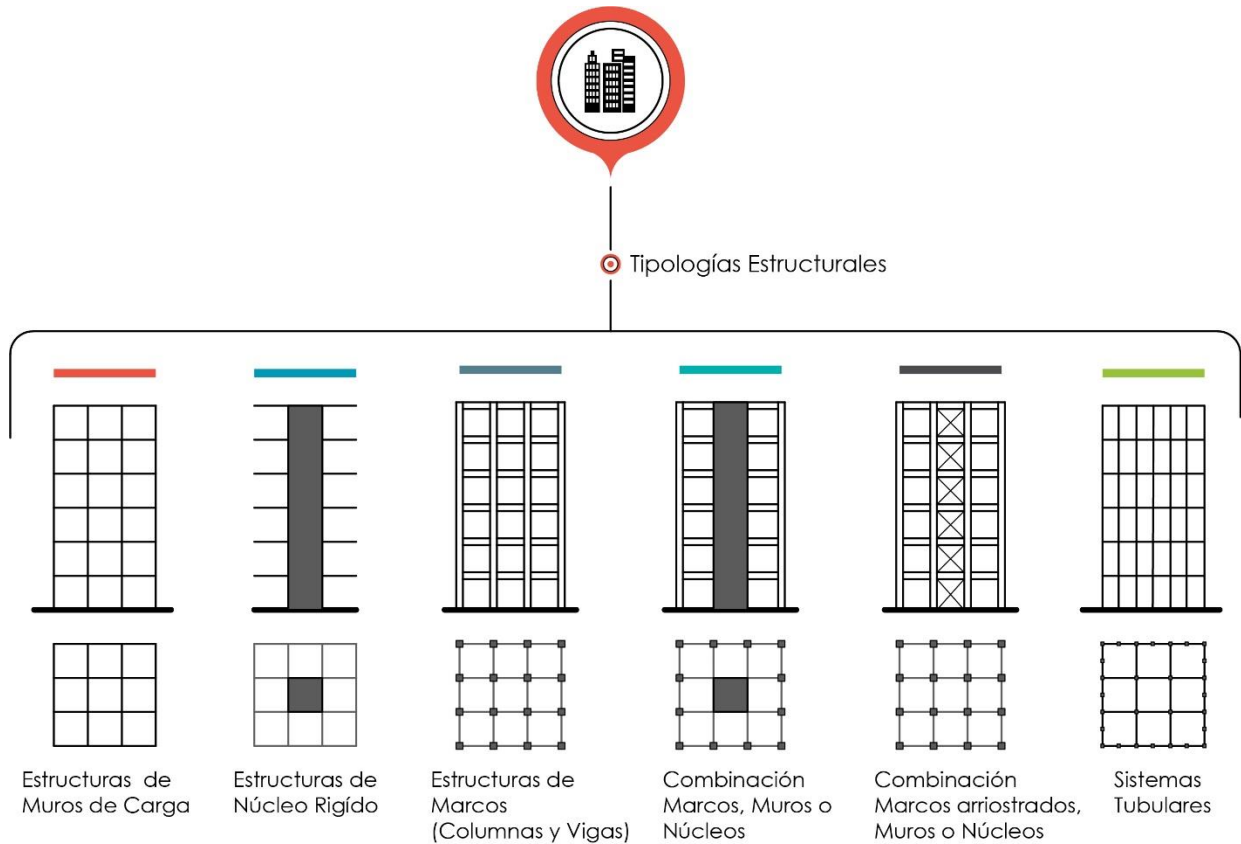


Figura 11. Diagrama Tipología estructurales más comunes utilizadas en edificios de altura. Fuente: Elaboración propia

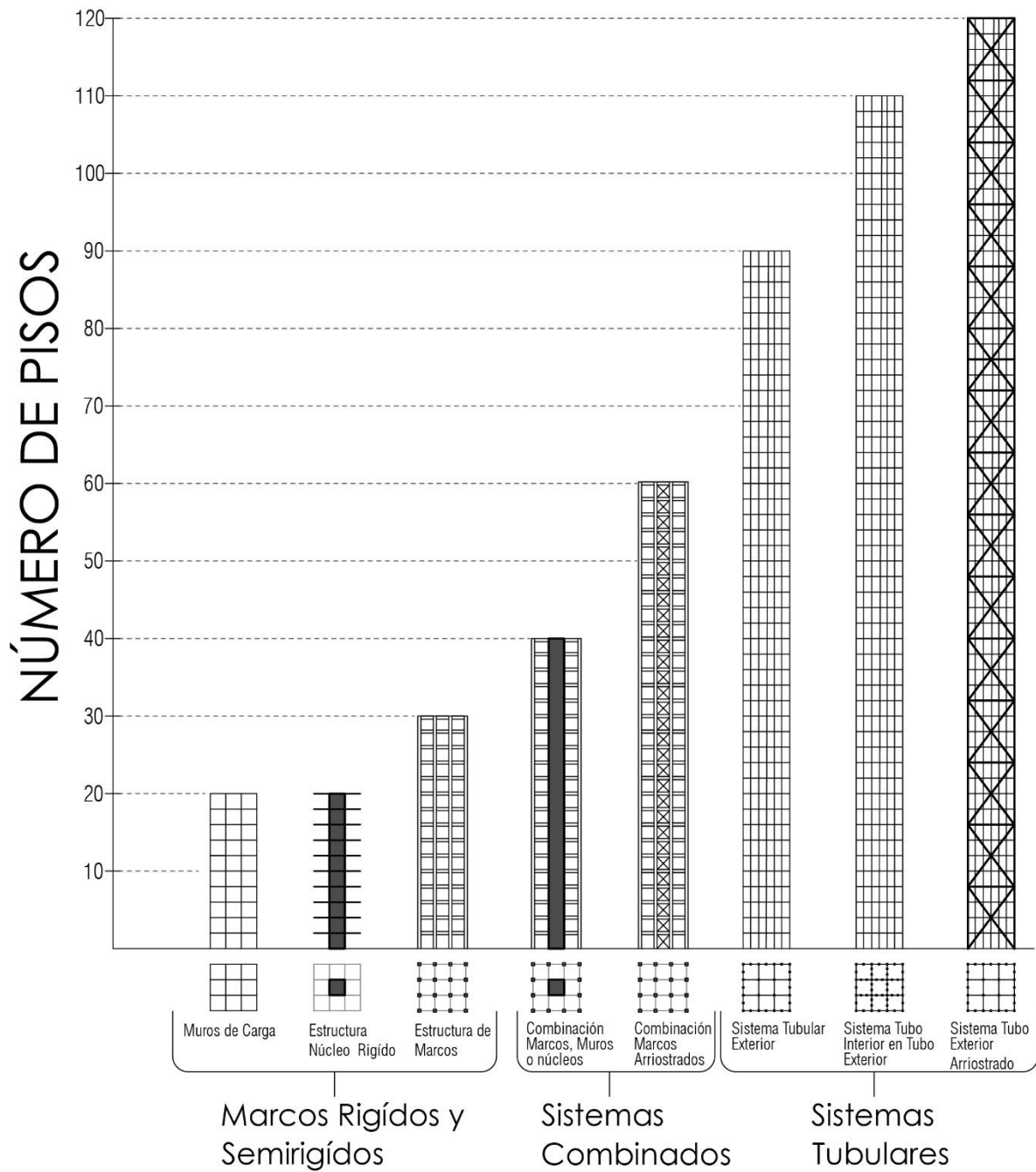


Figura 12. Diagrama Tipología de Sistemas Constructivos y el número de pisos que alcanzan con cada sistema. Fuente: Elaboración propia

### 1.5.1 Estructuras de muro de carga

Consiste en una serie de elementos verticales planos (muros) que pueden disponerse longitudinalmente (formando parte del diseño de la fachada), o transversalmente (en



donde el diseño estructural no se plasma en la fachada), o se puede implementar ambos.

Esta tipología suele utilizarse en el caso de edificios en alturas que llamaremos intermedias, de 10 a 20 niveles, o hasta 50 niveles, cuanto utilizamos concreto, siendo muy recomendado cuando se necesita o la configuración del edificio posea espacios con una gran subdivisión, como por ejemplo en edificios de tipo residencial y hoteles.<sup>7</sup>

Las luces de los vanos suelen oscilar entre 3,6 m y 7,5 m dependiendo de la capacidad y de la rigidez del muro.

La respuesta estructural depende de los materiales y del tipo de interacción entre el plano horizontal del sistema de entrepiso y el plano vertical de los muros. Las cargas verticales se transmiten por flexión del entrepiso, generando en los muros unas tensiones de compresión que dependen del ancho del vano, de la altura y tipo de edificio y de las dimensiones y disposición de los muros.

Las cargas horizontales se distribuyen a lo largo de las losas de entrepisos que actúan como un diafragma, hasta llegar a los muros paralelos a la acción de la fuerza. Estos muros responden, debido a su rigidez, como una viga de gran peralte, reaccionando a cortante y flexión contra el vuelco.

Un ejemplo de esta tipología es la Torre Lugano, del Arq. Adolfo Rodríguez López, construido en el año 2007 en Benidorm, Alicante España, este edificio cuenta con 158 m de altura y posee 43 niveles destinados específicamente a un uso residencial, en donde se albergan 204 viviendas.

La estructura fue calculada y diseñada en concreto armado por el estudio de ingeniería Florentino Regalado & Asociados. La estructura del edificio está proyectada con muros de concreto armado con una resistencia a la compresión de 400 kg/cm<sup>2</sup>. La planta del edificio tiene forma de punta de flecha de dimensiones 48x13 metros, la esbeltez global varía entre 7 y 12 dependiendo de la base de la flecha que se tome. La cimentación de la Torre se ha solucionado con una losa de fundación de 2,30 m de espesor empotrada en los estratos rocosos del terreno.

<sup>7</sup> Basset, S. (s,f) Edificios en altura, p. 3

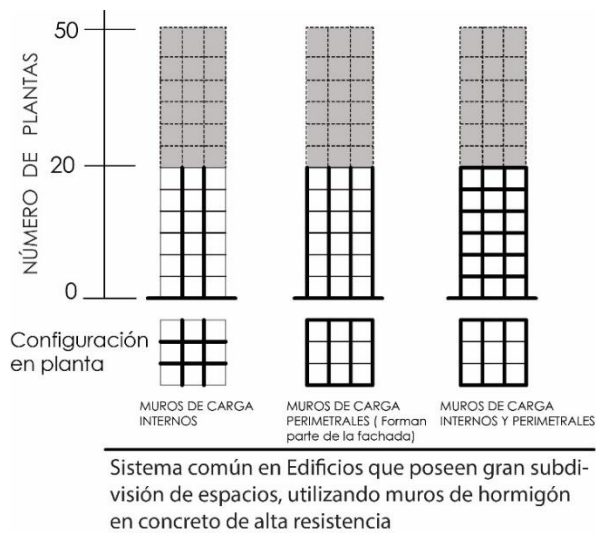


Figura 13. Diagrama Edificios con sistema de muros de carga. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 4. Torre Lugano (Alicante, España). Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia

### 1.5.2 Estructura de núcleo rígido

Cuando los edificios se destinan a locales comerciales se necesitará mayor flexibilidad en la planta y espacios libres, por lo que no será adecuada la tipología de muros. En estos casos pueden reunirse los núcleos de transporte vertical y los de distribución de energía y servicios, como ascensores, escaleras, basura e instalaciones electromecánicas, formando uno o más núcleos rígidos, dependiendo del tamaño o función del edificio.<sup>8</sup>

Esos núcleos se utilizan como muros para darle la estabilidad lateral necesaria al edificio y pueden ser de concreto, acero o la combinación de ambos.<sup>8</sup>

Frente a las cargas horizontales, los núcleos actúan como grandes vigas en voladizo sobre el terreno, por lo que las tensiones de flexión y cortante que se generan son similares a las de una viga. Como el núcleo también soporta cargas gravitacionales, las fuerzas inducidas de compresión contrarrestan las tracciones que produce el momento debido a las cargas laterales aumentando también la capacidad de resistir cortantes.<sup>8</sup>

A partir del núcleo central se pueden colocar las losas de entrepiso, permitiendo un espacio libre de columnas o bien se pueden colgar las losas de entrepiso de unas

<sup>8</sup> Basset, S. (s,f) Edificios en altura, p. 4

cerchas planas de altura igual a la de una planta, por medio de cables situados en el perímetro o fachada.<sup>8</sup>

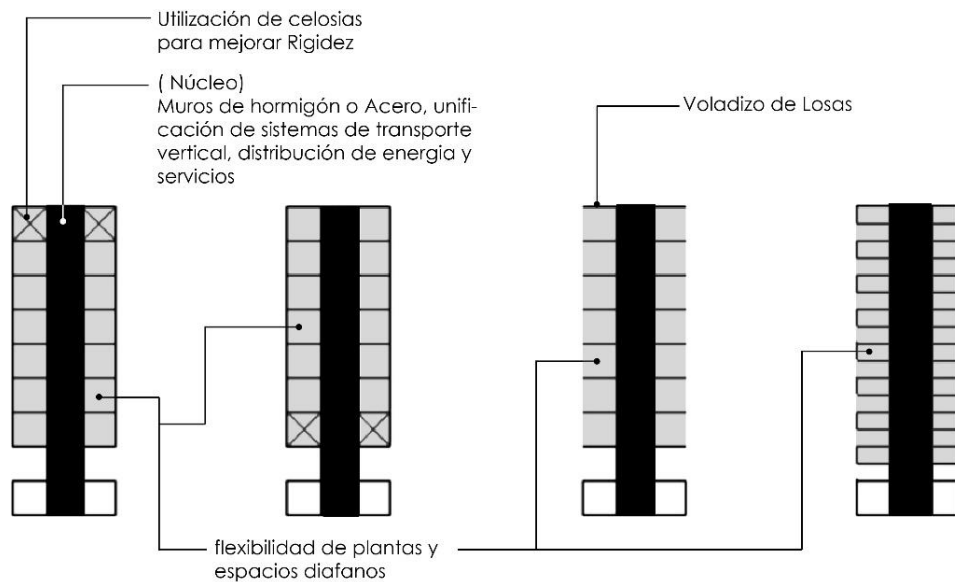
Esta solución mejora la rigidez del edificio, ya que los arriostres son los encargados de transportar la carga al núcleo central.<sup>8</sup>

Un ejemplo de esta configuración estructural aplicada en un edificio, lo podemos ver en el edificio del Banco de Bilbao construido en Madrid entre 1978 y 1981, diseñado por el arquitecto español Francisco Javier Sáenz de Oiza.<sup>8</sup>

La estructura está apoyada en dos grandes núcleos de concreto reforzado, que debían proteger en el sótano el paso de dos túneles del ferrocarril que recorre la castellana, este era un condicionante previo a partir del cual se diseñó la torre.<sup>8</sup>

Por el interior de estos dos núcleos verticales de concreto reforzado que sustentan todo el edificio, circulan los ascensores. Estos núcleos sujetan las grandes plataformas de concreto pretensado que se disponen como bandejas cada cinco plantas. Entre cada una de estas plantas se disponen cinco pisos de estructura metálica, el último de los cuales, bajo la siguiente plataforma de concreto, queda totalmente libre, sin

pilares. Esta secuencia se manifiesta en la fachada con una doble altura cada cuatro pisos.



#### Configuración de Sistema de Núcleos Rígidos

Figura 14. Diagrama configuración Sistema de Núcleos. Fuente: Elaboración propia

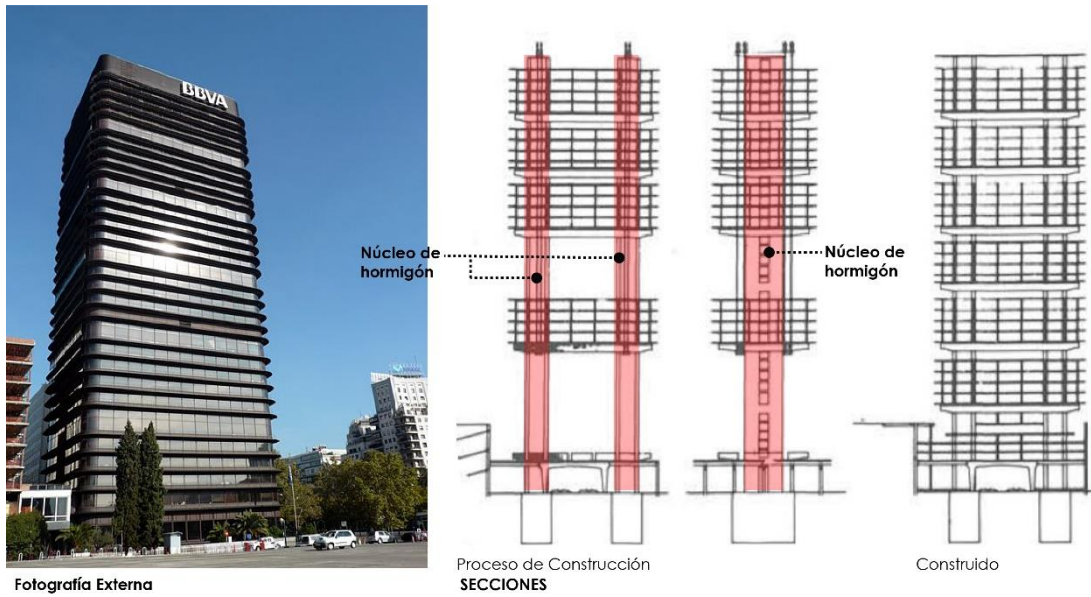


Ilustración 5. Edificio Banco de Bilbao (Madrid). Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia

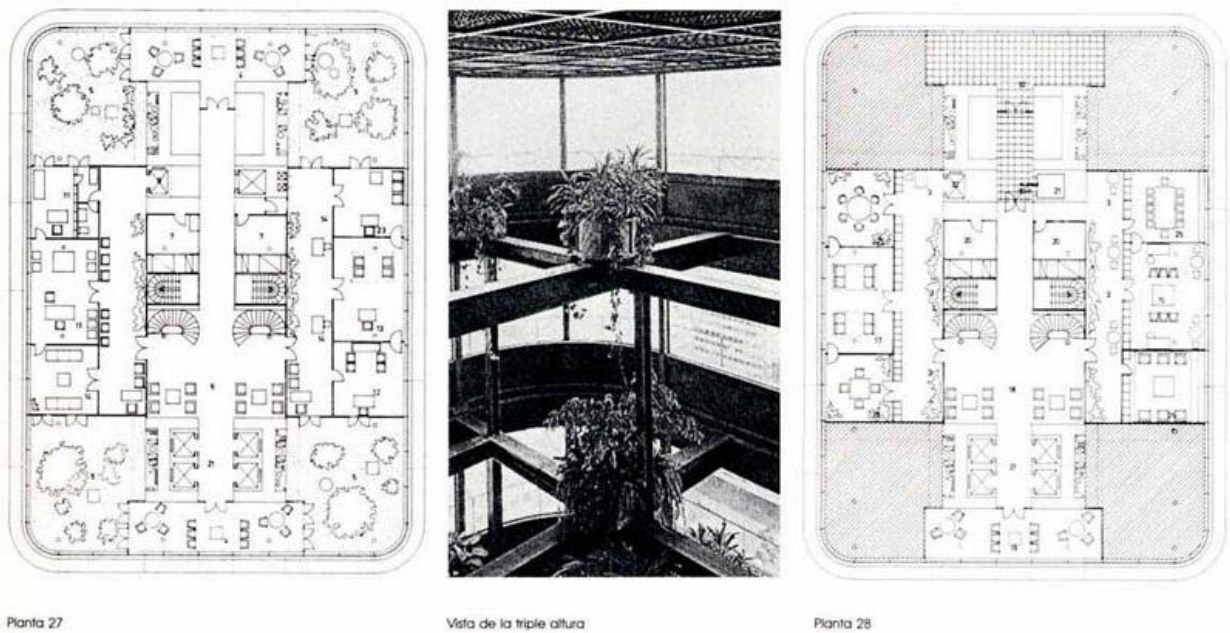


Ilustración 6. Plantas Edificio Banco de Bilbao (Madrid). Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia

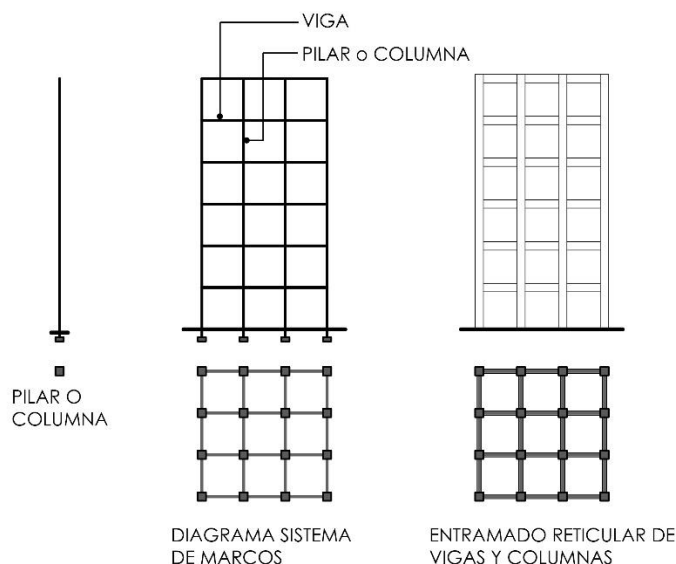
### 1.5.3 Estructura de Marcos (Columnas y Vigas)

Este sistema está conformado por un entramado reticular de vigas y columnas conectadas entre sí, mediante nudos rígidos. Este sistema parece ser económico hasta los 30 niveles, en el caso de estructuras en acero y hasta 20 niveles, en el caso de estructuras de concreto.<sup>9</sup>

Debido a su continuidad, responde a las cargas horizontales principalmente por flexión de las vigas y soportes, por lo que su capacidad de carga está estrechamente relacionada con la resistencia de estos elementos, disminuyendo al aumentar la altura de los pisos y la separación entre columnas. Para aumentar la rigidez del conjunto se debe aumentar la sección de las vigas y de las columnas o disminuir la longitud de las vigas.<sup>9</sup>

Esta tipología de edificio en altura es, entre todas las demás, la que con mayor intensidad hace interactuar entre sí a las diferentes solicitaciones: flexiones, cortantes, axiles y torsiones. No se pueden despreciar en ningún caso los efectos de segundo orden, es decir, los momentos secundarios producidos por la excentricidad de los esfuerzos axiles tanto en vigas como en columnas.

Un ejemplo de esta tipología es el Seagram Building, ubicado en New York, diseñado por Mies Van der Rohe en colaboración con Phillip Johnson.



**Configuración de Sistema Estructura de Marcos ( Columnas y Vigas)**

Figura 15. Diagrama Sistema Estructura de Pórticos. Fuente: Elaboración propia

<sup>9</sup> Basset, S. (s,f) Edificios en altura, pp. 4 y 5

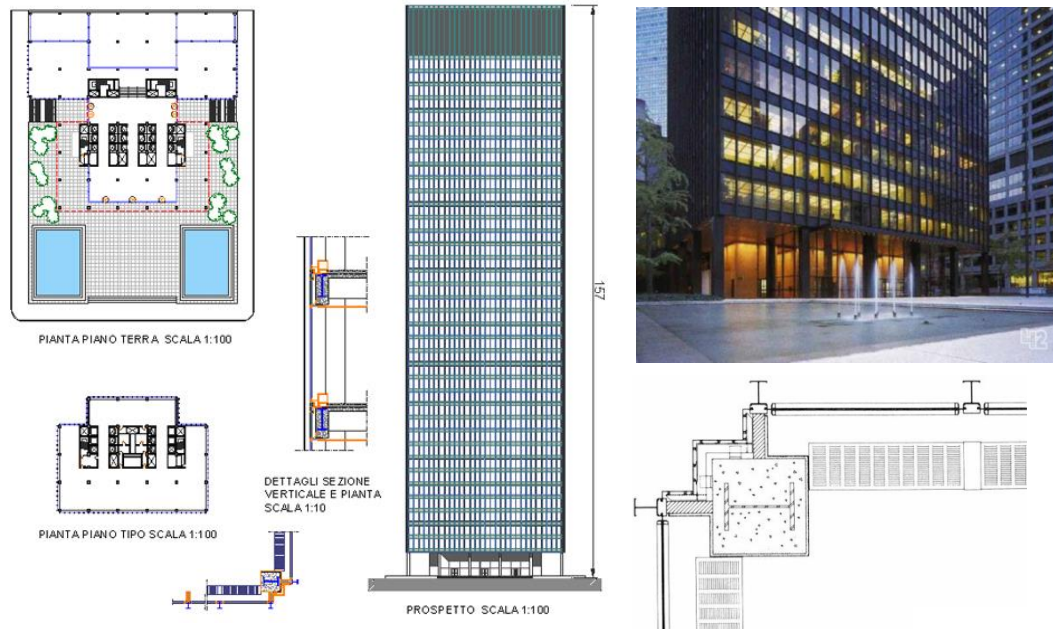


Ilustración 7. Seagram Building (New York). Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia

#### 1.5.4 Sistema combinado de marcos y muros o núcleos

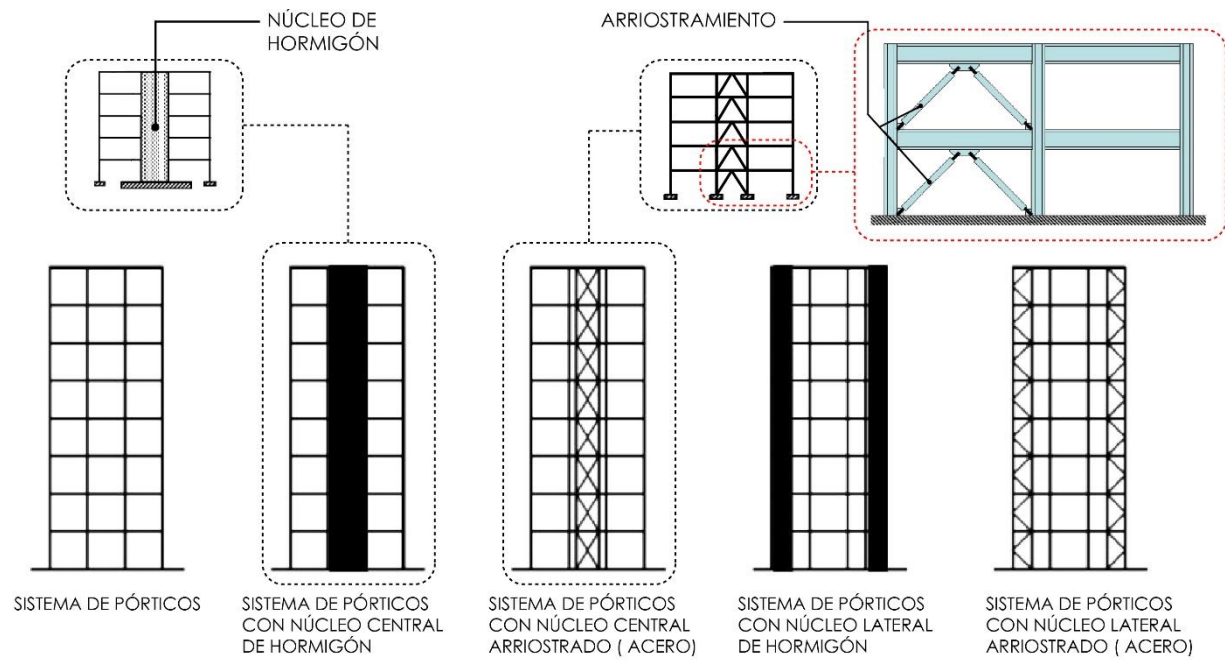
Los sistemas de marcos rígidos no son adecuados para más de 30 niveles, por lo que deben combinarse con muros o núcleos rígidos para resistir los esfuerzos laterales. Pueden utilizarse muros de concreto en el interior del edificio, núcleos centrales alrededor de ascensores o escaleras, o bien, arriostres de acero (arriostres en "x") dispuestas verticalmente en la fachada.<sup>10</sup>

Esta tipología permite que las plantas sean abiertas, en donde frente a cargas horizontales trabajan conjuntamente el sistema de marcos con el de muros. En los pisos inferiores, el sistema de marcos se deforma mucho y el de muros muy poco, por lo que el muro absorbe la mayor parte del esfuerzo cortante de las cargas externas en esos pisos, apoyándose el marco sobre el muro. En los pisos superiores, la deformación relativa del marco es pequeña y la del muro grande. En este caso el esfuerzo cortante externo es soportado por el marco y el muro se cuelga de él.<sup>10</sup>

Un ejemplo de este sistema lo podemos encontrar en el **Edificio Empire State**, construido en la ciudad de New York en 1931. Diseñado por Shreve, Lamb & Harmon, el edificio tiene una altura de techo de 380 m.

<sup>10</sup> Basset, S. (s,f) Edificios en altura, p 6





### Configuración de Sistema Combinado de Pórticos y Pantallas o Núcleos

Figura 16. Diagrama Sistema Combinado de Pórticos y Muros. Fuente: Elaboración propia

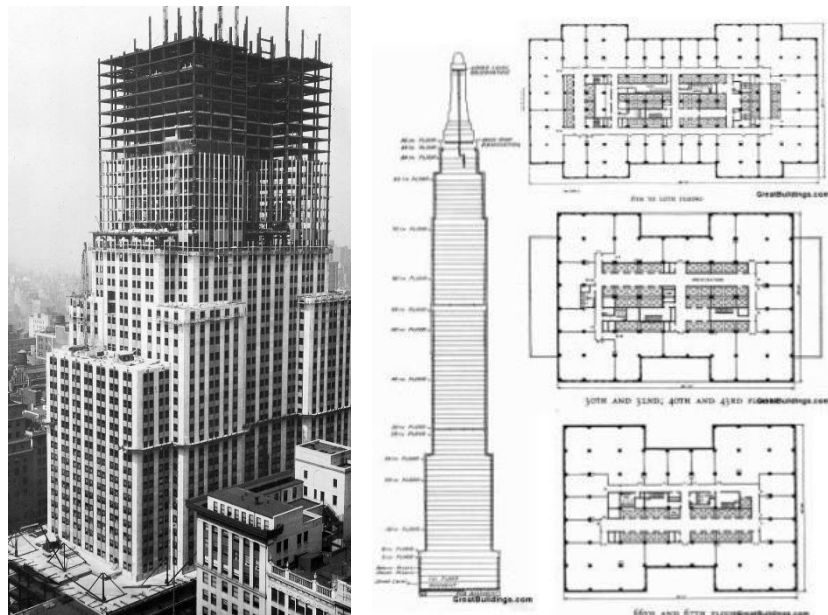


Ilustración 8. Edificio Empire State (New York). Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

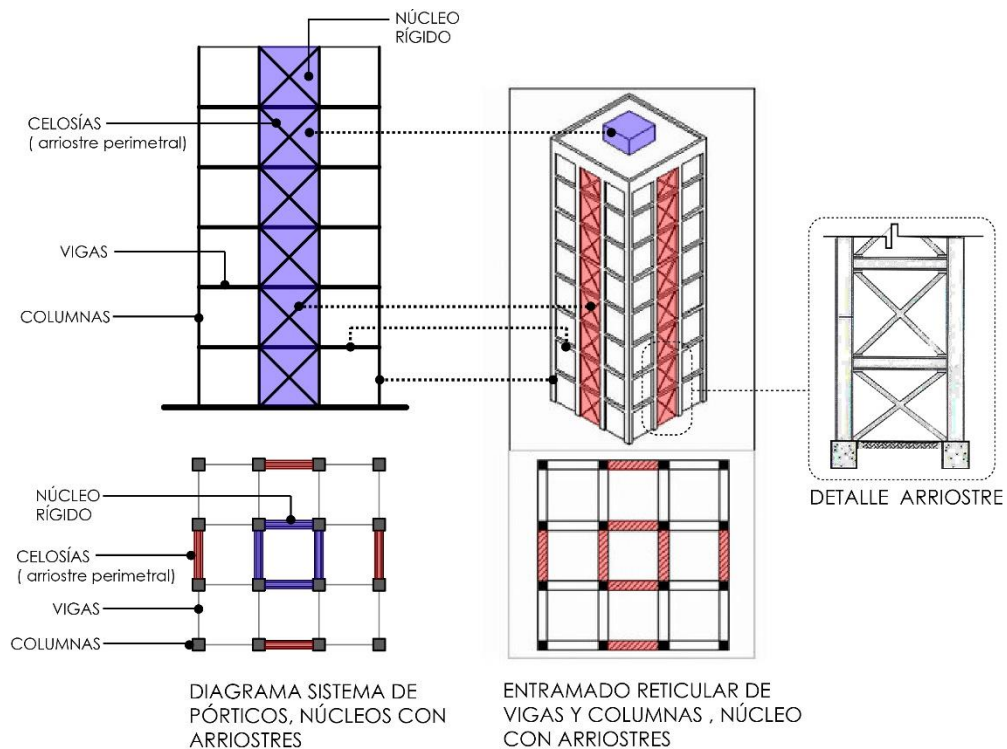
### 1.5.5 Combinación de marcos y muros o núcleos con marcos arriostrados

La eficiencia de la estructura mejora colocando marcos arriostrados entre marcos normales y el núcleo central (de concreto o a base de arriostres de acero), extendidas a plantas completas, que suelen ser plantas técnicas.<sup>10</sup>

Los arriostres están unidos rígidamente al núcleo pero pueden apoyarse simplemente a los soportes exteriores. Cuando el núcleo tiende a flectar las riostras actúan como brazos de palanca que trasladan las tensiones axiales a las columnas perimetrales, disminuyendo el momento en la base del núcleo.<sup>10</sup>

A su vez las columnas colaboran en la contención de la deformación del núcleo. Este desarrolla el cortante horizontal y los arriostres transfieren el vertical desde el núcleo al marco de fachada. Cuantas más arriostres haya, mayor integración existirá entre el marco y el núcleo.<sup>10</sup>

Los factores que influyen en el comportamiento del sistema son la rigidez y posición de los arriostres, la altura entre plantas y la geometría, forma y rigidez del núcleo.



#### Combinación de Marcos, Núcleos con Arriostramiento en "X"

Figura 17. Diagrama Sistema de Marcos, Núcleos con Arriostramiento en "X" Fuente: Elaboración propia

<sup>10</sup> Basset, S. (s,f) Edificios en altura, p 6



Un ejemplo de este tipo de estructura la podemos encontrar en el **Edificio Hotel Arts** ubicado en Barcelona, España. Fue construido entre 1991 y 1992 a la entrada del puerto olímpico que se construyó en Barcelona con motivo de los Juegos Olímpicos de 1992. Preside dicha zona junto con la vecina Torre Mapfre, que tiene una altura idéntica. Consta de 44 plantas y tiene 154 metros de altura.<sup>11</sup>

Es una torre de vidrio de colores verdes y grises, rodeada de una estructura de hierro de color blanco, que fue diseñada por el arquitecto colombiano Bruce Graham, propiedad de Deutsche Bank<sup>2</sup> y sede de un lujoso hotel de cinco estrellas de la cadena Ritz-Carlton, que abrió sus puertas en 1994. Integra también 30 apartamentos de lujo, todos dúplex, de una, dos o tres habitaciones, con cocina, comedor, que ocupan las nueve últimas plantas. Alguno de los apartamentos incluso tiene terraza.<sup>11</sup>

El hotel alberga media docena de restaurantes. En los bajos de la torre se encuentran varios locales de ocio, entre ellos el Casino de Barcelona. Frente a la fachada sur de la torre se levanta la escultura de un gran pez metálico dorado, obra de Frank Gehry, otro de los elementos emblemáticos del entorno del edificio<sup>11</sup>

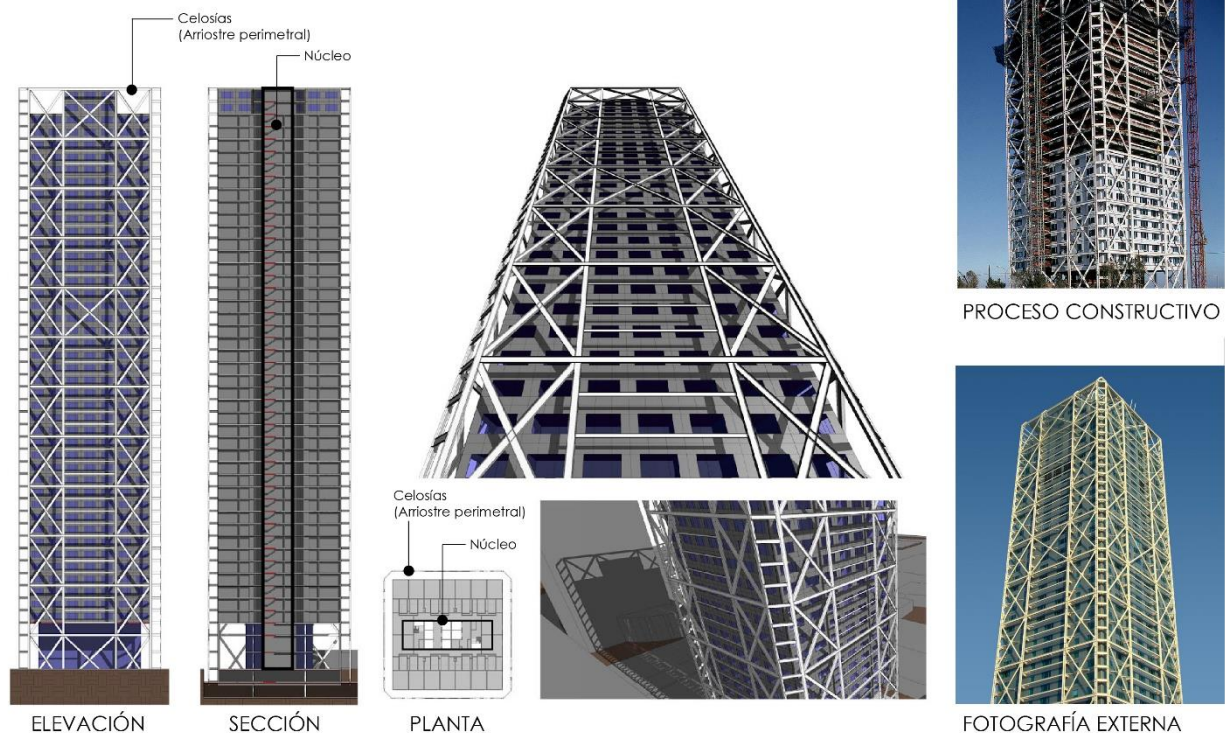


Ilustración 9. Hotel Arts (Barcelona, España). Fuente: Sistema de información geográfica; Eduard Jordana Llorens (xbardina-ejordana-gis.blogspot.com)

<sup>11</sup> Basset, S. (s,f) Edificios en altura, p 7

### 1.5.6 Sistemas Tubulares

El diseño tubular asume que la estructura de la fachada responde frente a las cargas horizontales como una viga cajón cerrada y hueca en voladizo desde el terreno. Como las paredes exteriores resisten toda o la mayoría de la carga de viento, los arriostres y los muros pueden suprimirse.<sup>11</sup>

Las paredes del tubo, son pilares o columnas muy próximos que rodean el edificio, atados por vigas de gran peralte entre ellos, creando una fachada que parece un muro perforado. Si el tubo exterior no puede resistir el solo toda la carga exterior, se puede arriostrar o bien disponer de otro tubo interior, (tubo en tubo).<sup>11</sup>

Con un ensamblaje de tubos individuales se puede formar un tubo multicelular llamado macro tubo o haz de tubos. Este aumento de rigidez permite, evidentemente, aumentar la altura y la superficie en planta.<sup>11</sup>

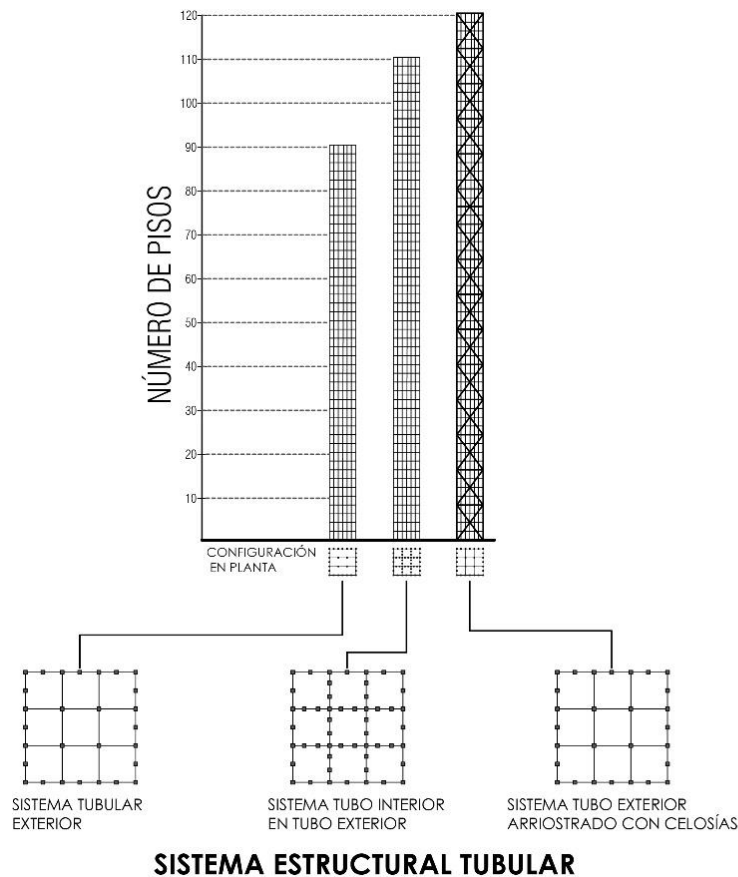


Figura 18. Diagrama de Edificios con Sistema Estructural Tubular. Fuente: Elaboración propia

<sup>11</sup> Basset, S. (s,f) Edificios en altura, p 7

Un ejemplo de este tipo de sistema los podemos encontrar en las **Torres Petronas**, edificio ubicado en Malasia, construido entre 1994 y 1998, (diseñada por el Arq. Cesar Pelli), este edificio cuenta con 452 metros de altura y consta con 88 niveles.

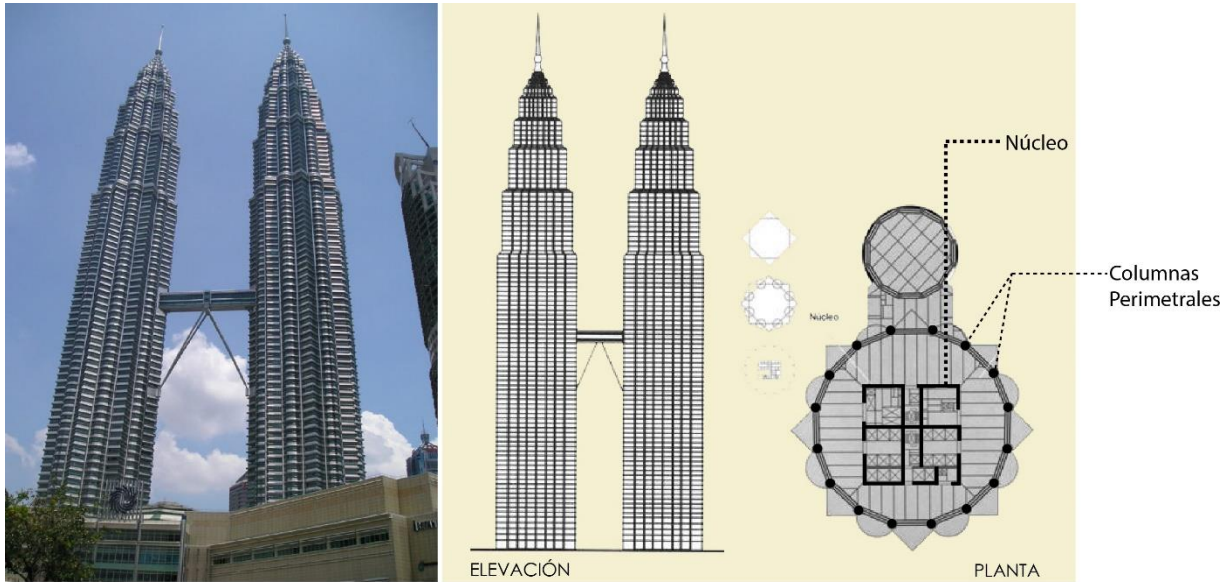


Ilustración 10. Torres Petronas. Fuente: Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia

Otro ejemplo de este sistema lo podemos encontrar en el edificio **John Hancock Center** (chicago 1966-69, SOM).

La estructura consiste en un sistema tubular que fortalece el edificio frente al viento y a los terremotos. La cruzada de refuerzos se deja en el exterior proporcionando seguridad contra el movimiento horizontal, y abriendo el interior del edificio sin interrupciones en el espacio.

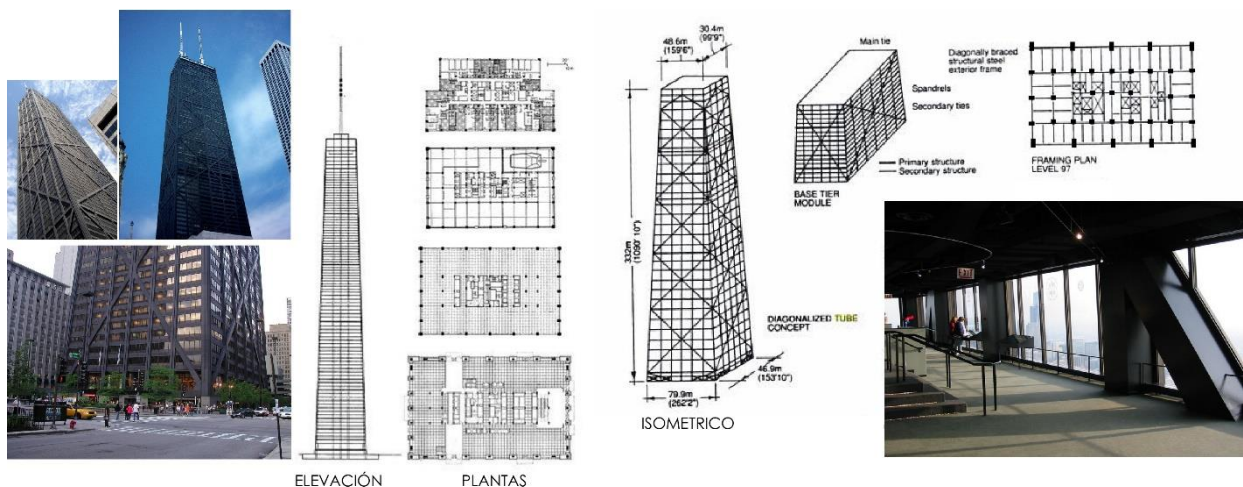


Ilustración 11. Edificio John Hancock Center (Chicago). Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

## **1.6 Criterios de seguridad contra incendios para edificios en altura**

### **1.6.1 Aspectos generales del diseño contra incendios**

Un diseño contra incendios de un edificio debe responder a los siguientes requisitos:

- Proporcionar condiciones que eviten la generación de un incendio
- Disponer de las medidas de seguridad adecuadas para que en caso de que ocurra un incendio, se pueda realizar una evacuación rápida y segura de los ocupantes.
- Reducir al máximo las pérdidas materiales, esto se traduce en reducir el tiempo de propagación, atención y control del mismo

La correcta elección de los materiales que conforman la infraestructura del edificio, así como su mobiliario interno, son fundamentales para evitar grandes emanaciones de humo cuando ocurre un incendio.

La implementación de la protección pasiva en los edificios, puede retardar la acción del fuego permitiendo la evacuación de los ocupantes antes del eventual colapso, dando tiempo además para el ingreso de bomberos con el fin de detener el incendio, reduciendo las pérdidas materiales y evitando una expansión mayor de este.

También es de gran importancia incorporar los sistemas contra incendios de protección activa, los cuales deben cumplir la normativa nacional emitida por bomberos, estos sistemas deben estar diseñados para detectar el inicio del incendio y actuar a través de agentes extintores, tales como agua, gases, espumas o polvos químicos, generalmente se tienen sistemas de rociadores automáticos colocados en cielos, los cuales por un sistema de tuberías y de bombeo automático se acciona y atiende el foco del incendio, estos sistemas funcionan de manera integral con sistemas de alarmas centralizados, luces de emergencia etc.

Los edificios además deben poseer rutas de evacuación bien definidas, las cuales deben ser seguras y eficientes, por esta razón es de gran importancia la correcta demarcación de las mismas, señalización de vías de evacuación, zonas de reunión, localización de salidas de emergencia, escaleras de emergencia etc., estas últimas de gran importancia para poder salvaguardar la vida de los ocupantes de los edificios, por lo que deben ser presurizadas, a resistencia de fuego tanto en paredes como en la puerta de acceso.

## **1.6.2 Especificaciones generales sobre el diseño contra incendios en edificios en altura**

En las construcciones de edificios de Costa Rica, se deben seguir las regulaciones y normativas del código de construcción, así como el manual de disposiciones técnicas al reglamento de seguridad humana y protección contra incendios del Cuerpo de bomberos de Costa Rica, NFPA 101, capítulo 3, última versión en español.

Estas disposiciones buscan como objetivo, que el edificio cumpla con las regulaciones mínimas que permita salvaguardar la integridad de sus usuarios, cumpliendo las siguientes condiciones:

- Que se facilite el rescate de los ocupantes del edificio
- Que se reduzca al mínimo, el riesgo de un incendio
- Que se facilite el control y extinción del incendio en el menor tiempo posible

En Costa Rica no hay una normativa específica que se catalogue como de uso para "edificios en altura", sin embargo, si se emiten directrices específicas de acuerdo al uso y ocupación del edificio, en donde se determinan algunas normas generales a edificios de gran altura, a aquellos edificios en donde el piso habitable se encuentre a más de 22 m por encima del nivel más bajo de acceso de vehículos del cuerpo de bomberos.

Como el fin último de este apartado es emitir criterios de diseño que se deberían contemplar en el diseño contra incendios en un edificio en altura, se tomará como referencia la normativa aplicada en Chile para edificios mayores a 7 niveles.

Dicha normativa hace hincapié en que en un edificio en altura es indispensable contar con vías de evacuación adecuadas, en donde se deberá tener como mínimo, una "zona de seguridad vertical" desde el nivel superior hasta la calle o zona segura externa al edificio, que permita a los usuarios protegerse antes los efectos del fuego, humos y gases.

Se debe considerar como "zona vertical de seguridad", a la vía vertical de evacuación protegida, es decir a la escalera de emergencias, la cual debe permitir evacuar de manera rápida y segura, todos los usuarios del edificio.

La zona vertical segura, debe ser presurizada y construida con muros corta fuego, con resistencia al fuego no menor a 120min.

Adicional a esto, las escaleras de emergencia deben cumplir con los siguientes requisitos:

- No tener una distancia mayor de 40 m, entre desde el ingreso de la escalera de emergencia a la puerta del apartamento u oficina
- El diseño y construcción de las escaleras de emergencias, deben garantizar una resistencia al fuego de 120 min, facilitando el ingreso y desplazamiento del personal de bomberos
- Las escaleras de emergencias deben estar dotadas de iluminación de emergencia, ventilación o presurización en caso de escaleras exteriores, que permitan al usuario evacuar el edificio, sin estar expuestos al peligro de humos y gases generados por el incendio
- Las escaleras de emergencia deben tener la capacidad de estar funcionando correctamente, con sistemas alternativos de energía de emergencia, en caso de que el suministro de energía eléctrica sea interrumpido
- Las puertas de acceso y egreso, en todos los niveles, deberán ser de cierre automático y con resistencia al fuego. Todas deben estar señalizadas con la rotación "Salida de Emergencia"
- Los edificios que contemplen más de un piso subterráneo, deberán poseer una zona vertical de seguridad inferior, que comunique hacia el nivel de acceso del edificio o hacia una zona segura
- Las escaleras de emergencia no deberán contener ningún tipo de instalación en su interior, tales como: cuartos de limpieza, cuartos de máquinas, ductos de basura, ductos electromecánicos etc.
- Los edificios de 10 o más niveles deberán disponer de conexiones de la red seca y húmeda, en cada nivel, en un vestíbulo continuo a la escalera presurizada, esta área debe estar protegida con muros cortafuego, y deberá tener una dimensión de 1.10m de ancho y 1.60 m de largo libres como mínimo.
- La cantidad y ancho mínimo requerido para las escaleras que forman parte de la vía de evacuación, se calculará conforme a la cantidad de usuarios existentes por

nivel, cuando el número de usuarios por nivel exceda las 200 personas, se deben plantear como mínimo dos escaleras de emergencia.

Dicho cálculo se desglosa en la siguiente tabla:

Tabla 2. Cantidad de vías de evacuación y anchos mínimo. Fuente: Astorga, Nathalie. Criterios de diseño de la zona de seguridad contra incendio para edificios en altura

N° de Personas				Cantidad y ancho mínimo	
		hasta	50	1	1,10 m
Desde	51	hasta	100	1	1,20 m
Desde	101	hasta	150	1	1,30 m
Desde	151	hasta	200	1	1,40 m
Desde	201	hasta	250	1	1,50 m
Desde	251	hasta	300	2	1,20 m
Desde	301	hasta	400	2	1,30 m
Desde	401	hasta	500	2	1,40 m
Desde	501	hasta	700	2	1,50 m
Desde	701	hasta	1.000	2	1,60 m

**Nota:** Sobre 1.000 personas, se debe realizar un estudio especial.

### 1.6.3 Criterios de diseño

#### 1.6.3.1 Planificación

El sistema de seguridad contra incendios y sistemas de evacuación debe ser debidamente planificada, para su correcto funcionamiento en caso de que el edificio sufra un incendio.

Una parte importante son los sistemas de detección, y alarmas, puesto que el fuego y humo pueden opaculizar o dificultar la utilización de las vías de evacuación, por este motivo es de gran importancia una correcta señalización y contar con vías de evacuación alternativas.

En general, la seguridad contra incendios requiere las siguientes condiciones de acuerdo a la NFPA 101, código de seguridad humana:

- Un número suficiente de vías de evacuación sin obstáculos, y con capacidad adecuada de acuerdo al número de usuarios por nivel



- Protección de vías de evacuación (pasillos y escaleras de emergencias), contra el fuego y humo durante todo el tiempo necesario para evacuar el edificio
- Salidas alternativas y medios de traslado hacia ellas, para ser utilizada en caso de que una de las dos quede bloqueada durante el incendio
- Subdivisión de sectores (construcción de muros corta fuego), para proporcionar áreas de refugio dentro de los edificios
- Protección de las aberturas verticales para limitar los efectos del fuego a un solo piso
- Sistemas de alarmas para avisar a los ocupantes y llamar a los bomberos en caso de incendio
- Utilización de sistemas de iluminación de emergencia, que mantenga visible las rutas de evacuación
- Correcta señalización de las rutas de emergencia
- Aislamiento de equipos y de zonas de peligro que pueden ser combustibles o susceptibles a ampliar el incendio
- Selección y control de acabados que no propicien la propagación más rápida del fuego

#### **1.6.3.2 Presurización en escaleras**

Una de las maneras más efectivas de controlar el impacto del humo en las zonas de seguridad vertical, es la presurización, en caso de que la escalera de emergencias sea interna y no este ventilada.

Cuando las escaleras se encuentren en el exterior y son totalmente abiertas, o que posea unas de las caras completamente abiertas, es decir con una ventilación de un 50%, no es necesario aplicar la presurización y el control de



humos se puede limitar a un sistema de barreras adecuado, caso contrario que sean internas y no posean ventilación, debe aplicarse la presurización.

Las escaleras presurizadas deben aislar el incendio y el humo dentro de la misma, por lo que debe estar construida con paredes corta fuego y puertas de emergencia selladas, de igual manera con resistencia al fuego, estas zonas de seguridad vertical deben ser capaces de evitar filtraciones, aun cuando una de las puertas sea abierta, para ingresar a la zona de la escalera.

Las bases del diseño conceptual de este sistema de control de humos, consiste básicamente en definir escenarios razonables probables de operación.

Los modos de operación de la zona vertical en caso de incendio son:

1. **Detección:** En este modo se encuentran las puertas cerradas, el ingreso de humos es controlado por la diferencia de presión en el interior
2. **Evacuación:** Algunas o todas las puertas se encuentran abiertas, cuando están las puertas abiertas, el ingreso del humo es controlado por la velocidad de control
3. **Ingreso de bomberos:** Dos o menos puertas abiertas, la presión controla en puertas cerradas y la velocidad de control en aquellas abiertas

#### 1.6.3.3 Ancho de escaleras

De acuerdo a los criterios de diseño de salida de emergencias descritos por la NFPA 101, se desglosan diferentes opciones para dimensionar el ancho de las escaleras de emergencias, entre ellas tenemos las siguientes:

##### **Método de caudal**

Este método es muy utilizado en edificios de tipo público, en los cuales los ocupantes se encuentran activos y alertas, por lo tanto, la evacuación se puede llevar a cabo dentro de un periodo máximo de tiempo.

La técnica usada para efectuar el cálculo del ancho de las vías está basada en el concepto de anchura efectiva de la escalera, la cual toma en consideración tan solo la parte de la escalera que se utiliza durante el movimiento eficiente de los ocupantes, en donde el ancho está determinado por el ancho eficaz más 30 cm, y el ancho eficaz se puede obtener a partir del caudal de personas que se desea evacuar, en donde según el NFPA 101, la capacidad tradicional de una escalera es evacuar 60 personas en un minuto, en un ancho equivalente a dos unidades de paso, ( cada unidad de paso equivale a 56 cm); según el caudal máximo en el sentido de bajada desde edificios en gran altura, se produce cuando una persona ocupa entre 0.5 y 0.4 m<sup>2</sup>.

### **Método de capacidad**

Este método es utilizado en edificios de evacuación lenta, donde se permite situar a los ocupantes en las salidas de emergencia o en zonas de refugio. Este método conlleva tener la cantidad suficiente de escaleras para darles refugio a los usuarios mientras son evacuados, por lo que es ideal para edificios de tipo hospitalario.

En este método es indispensable que las escaleras dispongan de zonas de seguridad dentro de la barrera protectora creada por los cierres.

En este caso el ancho de la vía de evacuación se estima basado en las dimensiones requeridas para albergar en su interior la totalidad de los ocupantes.

### **Sistema lineal**

En este sistema la Norma NFPA 101, indica que para vías verticales el ancho de las escaleras debe ser 1.52 cm por persona, pero en caso de que el edificio cuente con sistema de rociadores se puede utilizar la relación de 0.76 cm por persona.

Este sistema debe incorporarse de manera integral con los sistemas contraincendios activos y pasivos, para poder mantener las relaciones indicadas en la NFPA 101.

#### **1.6.3.4 Compartimentación**

Las escaleras de emergencia deben estar provistas con protección contra el fuego, de modo que permita una evacuación segura y rápida conforme se bajan los diferentes niveles, por este motivo las escaleras deben estar contenidas en muros corta fuego, de igual manera las puertas deben ser cortafuego, con sistema de

cierras puertas, y cerraduras antipánico de emergencia, que mantenga el ducto de escaleras sellado.

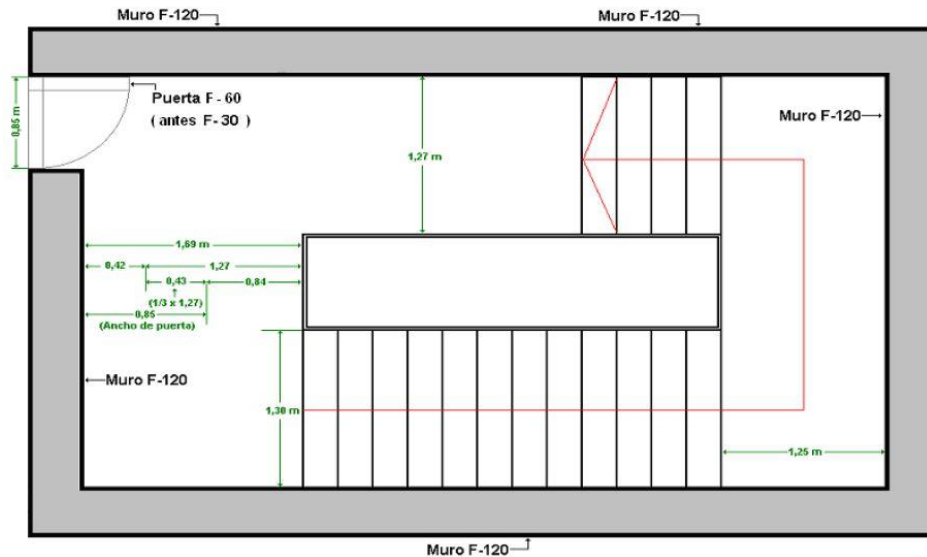


Ilustración 12. Ducto Escalera de Emergencia. Fuente: Astorga, Nathalie. Criterios de diseño de la zona de seguridad contra incendio para edificios en altura



Ilustración 13. Puerta Corta Fuego IDRA Fuente: Elaboración propia

### 1.6.5 Normativa costarricense, Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios

Como ya lo habíamos mencionado al inicio de este capítulo, al desarrollar el diseño y construcción de un edificio, se deben acatar las regulaciones y normativas del código de construcción de Costa Rica y específicamente en el tema de protección contra incendios, el manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del cuerpo de bomberos de Costa Rica, el cual se apoya en las directrices de la NFPA 101.

En dicho manual no especifica los alcances y normas para edificios en altura, pero sí da especificaciones generales según el uso y función de cada edificio, en este apartado analizaremos la normativa emitida para el uso “Residencial en condominio vertical y apartamentos”, que es la tipología de construcción más utilizada en el país en donde se desarrollan edificios en altura o tipo torre.

Cabe resaltar que, para la normativa costarricense, un edificio en donde el piso habitable se encuentre a más de 22 m por encima del nivel más bajo de acceso de vehículos del cuerpo de bomberos, ya es considerado como un edificio de gran altura.

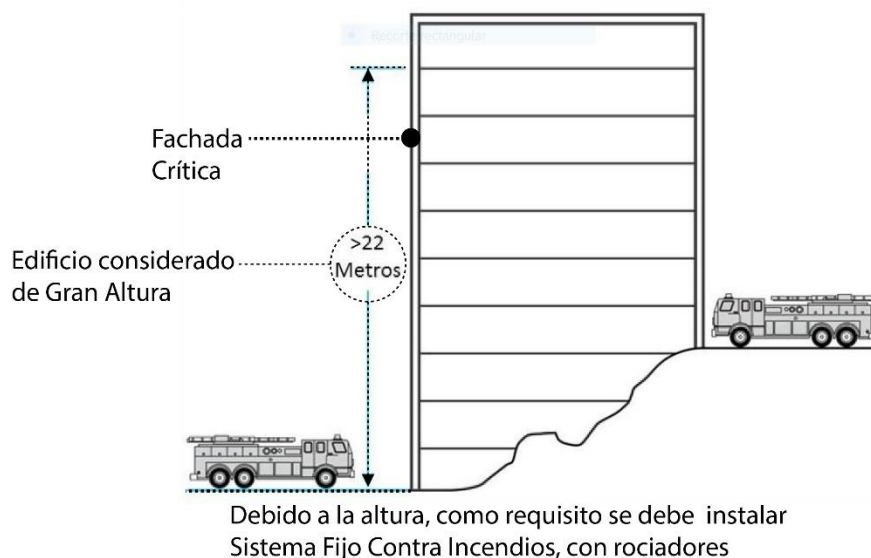


Ilustración 14. Altura de 22 m considerado como edificio de gran altura. Fuente: Manual de disposiciones técnicas sobre seguridad humana y protección contra incendios, Cuerpo de Bomberos de Costa Rica

#### 1.6.5.1 Definición de Condominio vertical y apartamentos

Edificaciones en donde la ocupación es de uso de alojamiento para dormir con fines distintos al cuidado de la salud a o los penitenciaros de la cárcel.

Ejemplos: condominio residencial, edificio de apartamentos y/o multifamiliares, pensiones o casas de descanso.

#### 1.6.5.2 Medios de egreso

Debe cumplirse con lo indicado en el **artículo 3.1, del manual de disposiciones técnicas**, en donde indica que cada unidad de vivienda debe tener acceso y al menos dos salidas separadas entre sí.

##### **Resistencia al fuego de los medios de egreso (cap. 3.1.2)**

###### Corredores o pasillos de acceso a salida 3.1.2.a

Los corredores o pasillos utilizados como acceso o salida que funcionen o sirven a un área con una carga de ocupantes mayor a 30 personas, deben estar separadas de las otras partes del edificio por muros que tengan una clasificación de resistencia al fuego no menor a 1 hora, a menos que este permitido en la ocupación específica.

###### Salidas 3.1.2.b

Donde se requiera de una salida está separado de otras partes del edificio, la construcción de separación debe cumplir con lo siguiente:

- La separación debe tener una clasificación de resistencia al fuego no menor a 1 hora cuando la salida conecta tres pisos o menos
- La separación debe tener una clasificación de resistencia al fuego no menor a 2 horas cuando la salida conecta cuatro pisos o más, esta debe ser construida a partir de un conjunto de materiales no combustibles o con combustión limitada y debe estar soportada por una construcción que cuente con una clasificación de resistencia al fuego no menor de 2 horas.

- Las aberturas en la separación deben estar protegidas por conjuntos de puertas cortafuego equipados con cierrapuertas
- La abertura en los cerramientos de la salida debe limitarse a las puertas desde los espacios normalmente ocupados y a los corredores y puertas para el egreso desde el cerramiento
- Un cerramiento de salida debe proveer un camino continuo de recorrido protegido hasta la descarga de la salida, no debe usarse para ningún otro propósito que tenga el potencial de interferir con su uso como salida y en caso que así este designada, como área de refugio.

### **Capacidad de los medios de egreso (cap. 3.1.14)**

#### Carga de ocupantes 3.1.14.a

La capacidad total de los medios de egreso de cualquier piso, balcón, grada u otro espacio ocupado debe ser suficiente para la carga de ocupantes del mismo.

Factor de carga de ocupantes

La carga de ocupantes en cualquier edificio o parte del mismo, debe ser como mínimo la cantidad de personas resultante de dividir el área de piso asignada para el uso, por el factor de carga de ocupantes para tal uso, que para el caso de edificios de apartamentos tendremos como factor 18.6 m<sup>2</sup> por persona.

### **Disposición de los medio de egreso (cap. 3.1.16)**

#### Generalidades 3.1.16.a

Las salidas deben estar ubicada y el acceso a esta dispuesto de manera tal que sean fácilmente accesibles en todo momento.

Para detallar los alcances y limitaciones que se deben tener en la disposición en el tema de egresos, se debe cumplir a cabalidad el artículo 3.1.16 del manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del cuerpo de bomberos de Costa Rica, el cual se apoya en las directrices de la NFPA 101.

#### Recorrido común y corredores de salida 3.1.16.b

Ningún corredor sin salida debe exceder 10.70 m en edificios no protegidos en su totalidad mediante un sistema de rociadores automático aprobado.

Ningún corredor sin salida debe exceder 15 m en edificios protegidos en su totalidad mediante un sistema de rociadores automático aprobados.

#### Distancia de recorrido hasta salidas 3.1.16.c

La distancia de recorrido dentro de una unidad de vivienda (apartamento) hasta una puerta de un corredor no debe ser mayor a 23 m en edificios no protegidos en su totalidad mediante un sistema de rociadores automáticos aprobado.

La distancia de recorrido dentro de una unidad de vivienda (apartamento) hasta una puerta de un corredor no debe ser mayor a 38 m en edificios protegidos en su totalidad mediante un sistema de rociadores automáticos aprobado.

La distancia de recorrido desde la puerta de entrada de una vivienda (apartamento) hasta la salida más cercana no debe ser mayor a 30 m.

En los edificios protegidos en su totalidad mediante un sistema de rociadores automáticos aprobados, la distancia de recorrido desde la puerta de entrada de una unidad de vivienda (apartamento) hasta la salida más cercana no debe ser mayor a 61 m.

La distancia de recorrido desde la puerta de entrada de una unidad de vivienda (apartamento) hasta la salida más cercana no debe ser mayor a 61 m para las vías exteriores de acceso a salida.

La distancia de recorrido, desde áreas diferentes a aquellas ubicadas dentro de las unidades de vivienda en edificios de apartamentos o de condominio residencial hasta la salida no debe ser mayor de 61 m, u 83 m en edificios protegidos en su totalidad mediante un sistema de rociadores automático aprobados.

#### **1.6.5.3 Compartimentación (cap. 3.2)**

Se deben utilizar muros corta fuego, que son paredes interiores que proporcionan una separación del incendio entre diversas zonas del mismo edificio. Deben estar

diseñados o proyectados con el fin de mantener la integridad estructural, aun en los casos de un completo colapso del edificio a cualquier lado del muro. Para contrarrestar los efectos de la propagación del calor, comúnmente se construyen más gruesos que lo que exigiría la clasificación normal de resistencia frente al fuego.

De la misma manera estas paredes pueden ser reforzadas por muros transversales, de considerable altura o longitud. En edificios resistentes a un incendio, se podrá utilizar muros cortafuegos divisorios apoyados en la estructura, siempre que dicha estructura tenga resistencia al fuego igual o superior a la del muro.

Los objetivos de la compartimentación para confinar el incendio al aposento o conjunto de aposentos en que ha tenido origen, son los siguientes:

1. Segregar un espacio que tenga un nivel de riesgo de incendio más elevado que la zona circundante. Este sistema es aplicado generalmente alrededor de los cuartos o conjuntos utilizados como almacén de basuras y líquidos inflamables, hornos, laboratorios, talleres de mantenimiento etc.
2. Reducir al mínimo el riesgo de pérdidas que puede sufrir el ocupante de un local debido a un incendio en otro espacio fuera de su control. Se consigue generalmente separando los apartamentos, conjuntos de oficinas, habitaciones, etc.

La compartimentación ofrece una ventaja adicional porque limita el tamaño del incendio, reduce la cantidad de humo producido y facilita la extinción. La compartimentación, debidamente proyectada, ha conseguido limitar muchos incendios en su lugar de origen.

Los muros cortafuegos pueden ser utilizados en proyectos donde el área constructiva es considerable para sustituir la instalación de un sistema fijo de protección contra incendios; para tal efecto el proyecto se debe segregar en áreas menores a 2,500 m<sup>2</sup>, área mínima establecida para contemplar la instalación de un sistema fijo de protección contra incendios de acuerdo con las indicaciones del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

Para esto, se debe indicar en planos la colocación del muro o los muros cortafuegos requeridos, que dividan el proyecto. Este muro debe tener resistencia al fuego de 2 horas y debe sobresalir de la cubierta al menos 90 cms, como mínimo; del mismo modo en aquellas fachadas que tengan aberturas a menos de 3 m de dicho muro, este debe proyectarse 90 cms o en su defecto las ventanas y aberturas contiguas al



muro deben separarse 1.5 m a cada lado, de forma que es un eventual incendio no pueda salir por la abertura y alcanzar las aberturas vecinas y así propagar el incendio de un área a la otra.

#### **1.6.5.4 Iluminación de emergencia (cap. 3.3)**

En función de las actividades propias de cada edificio, se requiere disponer de alimentación de emergencia para la iluminación de las vías de salida. Un sistema de alumbrado de emergencia bien concebido debe ser autónomo, se debe activar de forma automática en caso de interrupción de la fuente de energía normal o de respaldo. La iluminación debe realizarse por medio de lámparas autónomas de emergencia con batería y focos direccionables o con luminarias ordinarias del edificio, cuando cuenten con balastro de emergencia.

La iluminación de emergencia debe colocarse a lo largo de la ruta de evacuación, pasillos, accesos a salidas de emergencia, escaleras, descarga de escaleras y otros medios de egreso.

Estas deben contar con las siguientes características que se deben indicar en la simbología eléctrica de los planos de diseño:

- Autonomía de la fuente de energía: 90 minutos
- Desempeño: 10 lux promedio en el inicio y 1 lux a lo largo de las vías medidas a nivel de suelo
- Desempeño al finar de la carga de la batería: promedio no menor a 6 lux y 0.6 lux al final de la duración

#### **1.6.5.5 Señalización (cap. 3.4)**

Todas las salidas y vías de acceso se han de marcar con señales perfectamente visibles. Las señales deben estar situadas y deben de ser de tamaño, color y forma tales que sean fácilmente visibles.

La señalización debe orientar a los ocupantes hasta la salida más cercana, de forma tal que se cumpla con lo establecido en el Decreto 26532-MEIC. Esta norma indica que las dimensiones de los rótulos serán de acuerdo con la distancia entre la

ubicación del rótulo y el observador, la señalización de la ruta de evacuación debe colocarse a lo largo de esta, en pasillos, accesos a salidas, escaleras, descarga de escaleras, y en todos los cambios de dirección de la ruta.

En planos se debe presentar un detalle de los rótulos a utilizar, incluyendo las dimensiones específicas de cada rótulo a instalar, o podrá incluirse en planos la tabla general de dimensiones indicadas en la norma siempre y cuando se acote en la planta la distancia de separación entre rótulos.

#### **1.6.5.6. Detección y alarma de incendios (cap. 3.5)**

Toda ocupación residencial (condominio vertical y apartamentos) debe disponer de un sistema de detección y alarma que cumpla con lo indicado en el artículo 3.5 del manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del cuerpo de bomberos de Costa Rica, el cual indica lo siguiente:

Un sistema de detección y alarma es un sistema que permite, en caso de incendio, advertir de manera temprana a los ocupantes del edificio, mediante una señal audible y visual.

El sistema se debe activar mediante sensores de humo o temperatura, estaciones manuales o un sistema de rociadores automáticos y debe alertar a los ocupantes mediante señales audibles y visuales.

Un sistema de detección y alarma requiere algunos o todos los siguientes elementos según las condiciones del proyecto.

Dispositivos de activación:

- Detectores de humo. Deben colocarse en todos los aposentos susceptibles a incendios (deben colocarse en cada aposento de la unidad de vivienda, incluyendo el pasillo de acceso a dormitorios)
- Detectores de temperatura. Deben colocarse donde los detectores de humo sean susceptibles a falsas alarmas (ej.: cocinas, garajes)
- Estaciones manuales de incendio, que permitan a los ocupantes accionar la alarma de manera intencional
- Sensores de apertura en puertas de emergencia
- Sensores de flujo en la tubería del sistema fijo contra incendios

- Sensor de arranque en la bomba contra incendios

Dispositivos de anunciación:

- Sirenas
- Luces estroboscópicas (destellantes)
- Altavoces
- Paneles de notificaciones remotos

Otros componentes:

- Panel principal de control: debe colocarse en un sitio con supervisión y que sea accesible las 24 horas del día
- Sistema de energía principal
- Sistema de energía auxiliar (batería de respaldo)
- Control de puertas automáticas
- Control de aire acondicionado
- Control de ascensores
- Control de escotillas de humo

#### **1.6.5.7 Sistemas fijos de protección contra incendios (cap. 3.7)**

Este sistema está basado en los sistemas de gabinetes con mangueras (tomas fijas de agua), que tienen el objetivo común de suministrar agua para la lucha contra el fuego de forma manual. La escogencia del tipo de sistema dependerá de las condiciones del edificio. El diseño de un sistema de gabinetes viene determinado por la norma NFPA 14.

Existen 3 alternativas básicas para elegir el sistema de protección manual contra incendios (manual Clase I, Clase II y Clase III). El profesional de diseño y el propietario pueden elegir colocar un nivel de protección superior al solicitado, pero nunca un tipo de sistema que brinde una protección inferior a la mínima requerida. Para efectos de los edificios con alturas mayores a los 22 m, con respecto al nivel de piso de acceso del vehículo de bomberos se determina utilizar según la norma el sistema fijo manual Clase I.

Este sistema consiste en la utilización de gabinetes con salidas de 64mm (2 ½") para el uso de bomberos, diseñado e instalado según la normativa NFPA 14. Este deber ser

capaz de suministrar 31,55 L/s (500 GPM) y mantener una presión residual de 7.03 kg/cm<sup>2</sup> (100 psi) en las dos tomas más distantes del edificio 15,77 L/s en cada una.

Los sistemas Clase I son solicitados en aquellos edificios cuya altura sea superior a 22 m desde el nivel más bajo desde acera hasta el nivel de piso terminado del último piso habitable. Este sistema se considera auxiliar a la red de rociadores automáticos y sus accesorios serán utilizados solamente por los equipos de bomberos.

### 1.6.5.8 Conclusiones

Al desarrollar el diseño y construcción de un edificio, se deben acatar las regulaciones y normativas del código de construcción de Costa Rica y específicamente en el tema de protección contra incendios, el manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del cuerpo de bomberos de Costa Rica, el cual se apoya en las directrices de la NFPA 101.

Como ya se aclaró, en dicho manual no se especifican los alcances y normas para edificios en altura, por lo que hay que adaptarlo de acuerdo al área del proyecto y el uso del mismo, para utilizar la normativa según aplique para cada caso específico según el artículo y requerimiento individual. A continuación, se adjunta una tabla resumen para el caso de un condominio residencial de tipo vertical

Tabla 3. Cuadro Resumen de Requerimientos para diseñar un proyecto de Condominio Vertical

Requerimientos Generales	N° Requerimiento	Nombre	Descripción
Medios de Egreso	3.1.2	Resistencia al fuego de los medios de egreso	Deben estar separados por muros que tenga resistencia al fuego de 1 hora
	3.1.14	Capacidad de los medios de egreso	Debe ser de 18,6 m <sup>2</sup> por personas
	3.1.16	Disposición de los medios de egreso	Ningún corredor sin salida debe exceder 10,70m que no tenga sistema contra incendios Ningún corredor sin salida debe exceder 15 m que tenga sistema contra incendios
Construcción y Compartimentación	3.2	Compartimentación	Se deben utilizar muros corta fuego, principalmente para proteger la estructura Se debe utilizar en proyectos en donde el área sea mayor a 2500 m <sup>2</sup> Los muros cortafuegos utilizados deben tener resistencia al fuego de 2 horas
Iluminación	3.3	Iluminación de Emergencia	Las vías de salida deben tener sistema de iluminación autónomo de activación automática Debe estar colocada a lo largo de la ruta de evacuación La autonomía de la luminaria debe ser de 90 minutos, con un desempeño de 10 Lux y al final de la carga de la batería de 6 Lux
Señalización	3.4	Señalización	Todas las salidas deben de tener señales totalmente visibles La normativa de la señales debe respetar la Norma establecido en el decreto 26532-MEIC
Detección y Alarma Contra Incendio	3.5	Detección y Alarma contra incendios	Debe tener un sistema que pueda advertir de manera temprana a los ocupantes del edificio, mediante un señal audible y visual El sistema debería de tener: detectores de humo, detectores de temperatura, estaciones manuales de incendio, sensores de apertura en puertas de emergencia Debería de tener los siguientes dispositivos de anunciación: sirenas, luces estroboscópicas, altavoces, paneles de notificación remoto
Sistemas fijos	3.7	Sistema fijo de protección contra incendio	Se debe utilizar para edificios mayores a 22 metros de altura el sistema fijo Clase I Debe tener gabinetes con salidas de 64mm (2 1/2") para el uso de bomberos, según normativa NFPA 14 Debe tener adicionalmente sistema de rociadores automáticos y sus accesorios serán utilizados por los equipos de bomberos

## 1.7 Metodología para desarrollar y construir un edificio en altura tipo residencial en condominio vertical en Costa Rica

Con el fin de ilustrar que procedimientos a nivel de logística, planeamiento, tramitología, ejecución y venta que efectúan las inmobiliarias en un proyecto de este tipo, se desarrolló un mapa diagramático de los procesos de las diferentes fases y etapas, con sus respectivos tiempos estimados, desde el momento de inicio de un proyecto, hasta su culminación y posterior venta, dicho procedimiento fue basado en la metodología utilizada por el grupo inmobiliario El Parque.

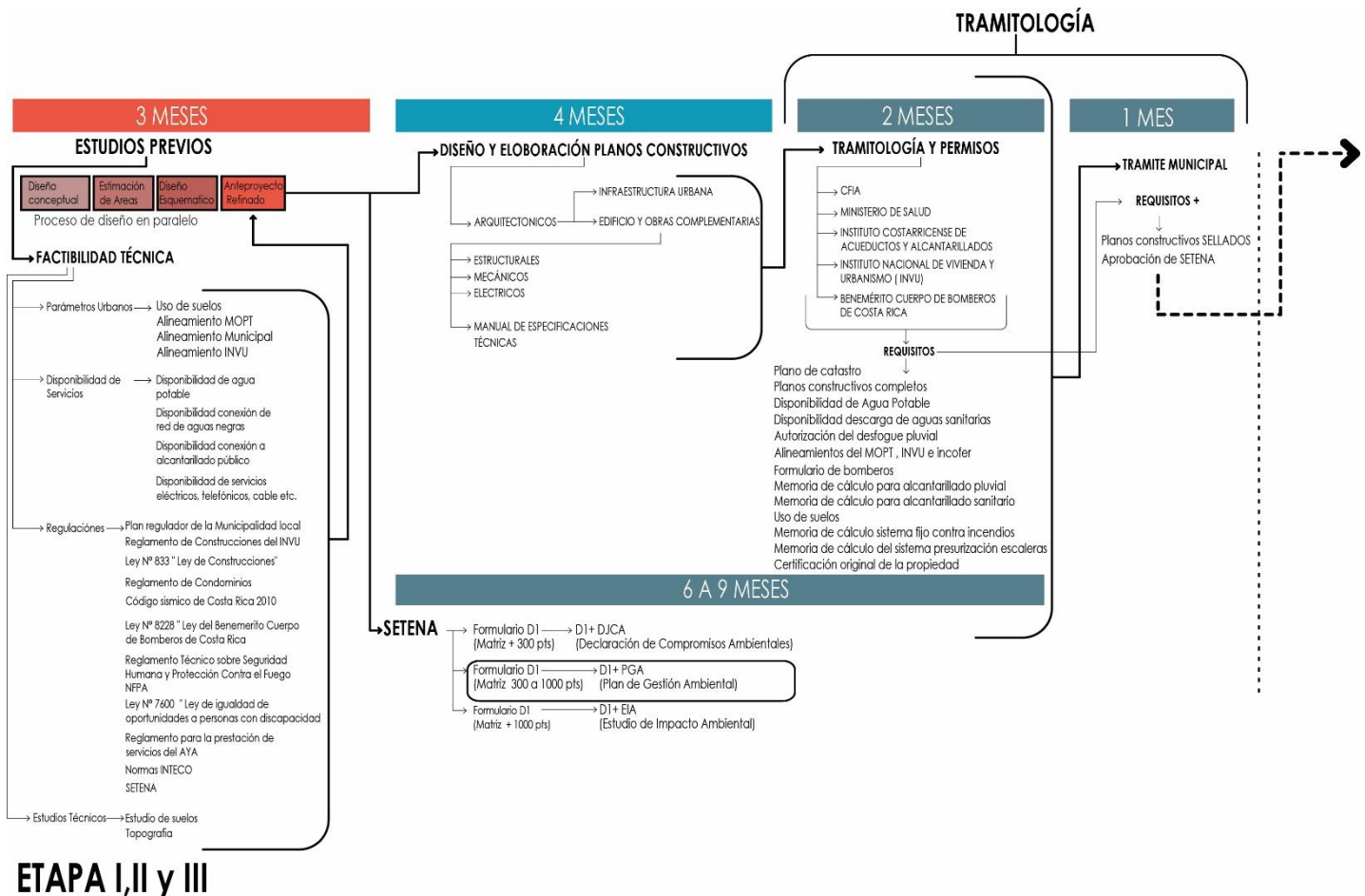
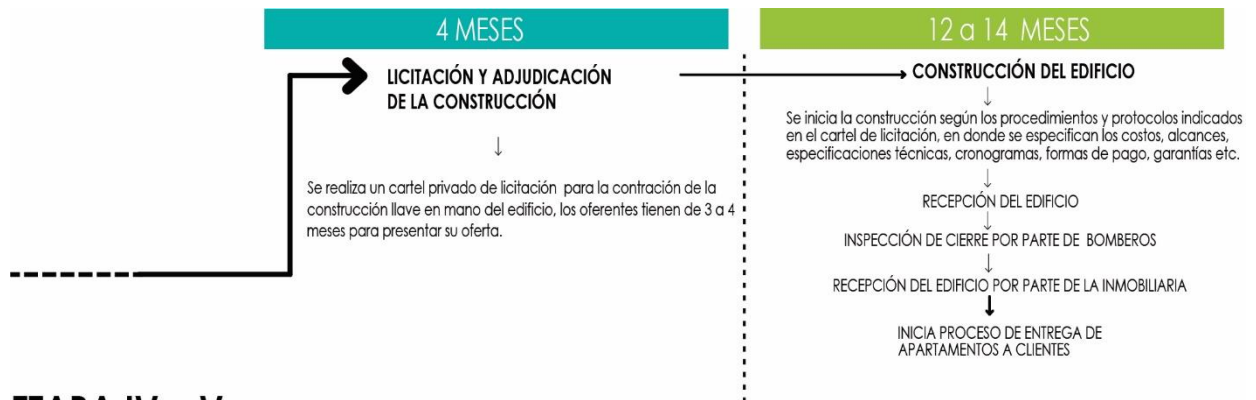


Figura 19. Etapa I, II y III para el desarrollo de un Edificio en altura Tipo Condominio Vertical Residencial en Costa Rica. Fuente: Elaboración propia con la colaboración del Arq. Jorge Montenegro de la Oficina Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas



## ETAPA IV y V

Figura 20. Etapa I, V y V para el desarrollo de un Edificio en altura Tipo Condominio Vertical Residencial en Costa Rica. Fuente: Elaboración propia en colaboración del Arq. Jorge Montenegro de la Oficina Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

### 1.7.1 ETAPA I. Estudios previos

Esta fase es esencial para determinar la viabilidad de desarrollo de un proyecto, en ella se efectúa un estudio de factibilidad técnica, que conlleva el estudio preliminar y recopilación de información que permita el desarrollo del proyecto, análisis preliminar de costos y el desarrollo de un anteproyecto refinado, dicha fase se estima en una duración de 3 meses.

#### 1.7.1.1 Factibilidad Técnica

Dentro de la factibilidad técnica, encontramos la recopilación y análisis de la siguiente información:

#### 1.7.1.2 Parámetros urbanos

Este estudio se refiere a las regulaciones específicas del lote, de acuerdo a su geometría, ubicación y contexto, dentro de la información que se analiza podemos mencionar:

- Uso de suelos de la municipalidad competente
- Alineamiento emitido por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)

- Alineamiento emitido por la municipalidad competente
- Alineamiento del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU)
- Alineamiento del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (Incofer)
- Alineamiento por aeropuertos y restricciones de altura emitidos por Aviación Civil

#### **1.7.1.3 Disponibilidad de servicios**

Uno de los factores más importantes a analizar, es la existencia de la disponibilidad de servicios que permitan tanto la construcción, como posteriormente el correcto funcionamiento del edificio, dentro de los servicios que se buscan, podemos mencionar los siguientes:

- Disponibilidad de agua potable para el tipo de proyecto que se quiere desarrollar
- Disponibilidad de conexión de red de aguas negras, caso de no existir esta disponibilidad, analizar la viabilidad de construir dentro del área disponible una planta de tratamiento de aguas negras
- Disponibilidad de conexión a alcantarillado pluvial público
- Disponibilidad de servicios eléctricos, telefónicos, cable e internet.

#### **1.7.1.4 Regulaciones**

Este apartado se refiere específicamente a la normativa vigente que se debe acatar a la hora de desarrollar un edificio en altura de tipo condominio vertical, dentro de las normativas y reglamentos que se deben analizar y acatar podemos mencionar las siguientes:

- Plan regulador de la municipalidad local
- Reglamento de construcción del INVU
- Ley N° 833 "Ley de Construcciones"
- Reglamento de Condominios
- Código Sísmico de Costa Rica 2010
- Ley N° 8228 "Ley del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica"
- Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, el cual se apoya en las directrices de la NFPA 101
- Ley N° 7600 "Ley de igualdad de oportunidades a personas con discapacidad"
- Reglamentación para la prestación de servicios del AYA
- Normas del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO)
- Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA)

#### **1.7.1.5 Estudios Técnicos**

Estos estudios se refieren a las características físicas y mecánicas del lote o terreno en donde se quiere realizar el proyecto, este es de gran importancia, ya que omitir o no tener una información real del estado del terreno, puede impactar de manera significativa en los costos asociados al desarrollo del proyecto en términos de movimiento de tierras, rellenos, obras complementarias o tipo de cimentaciones que se deban utilizar.

Entre los estudios básicos podemos mencionar:

- Estudio de la capacidad soportante del suelo
- Estudio topográfico (realización de curvas de nivel, escurrimiento)
- Prueba de infiltración del suelo

Además de los estudios ligados al lote, se podrían mencionar estudios que abarquen características del contexto, y de la población o cliente meta, como, por ejemplo:

- Estudios sociales
- Estudios Antropológicos
- Estudios financieros que evalúe la capacidad financiera de los clientes meta

#### **1.7.1.6 Anteproyecto refinado**

Paralelo al análisis de la factibilidad técnica del proyecto, se desarrolla un diseño preliminar del edificio, con el fin de definir un posible número de parqueos, condominios y niveles a construir, y así determinar un costo estimado de inversión.

Inicialmente se plantea un diseño conceptual, para definir volumetría, y número posible de parqueos y condominios, posteriormente se realiza un estimado de áreas a construir.

Después de aprobado dicho diseño, se realiza un diseño esquemático, en donde se definen preliminarmente distribuciones, niveles, circulaciones, aspectos formales de función y forma, hasta llegar a un anteproyecto que llamaremos refinado, dicho anteproyecto refinado es el que se envía a la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), junto con el formulario D1, más un Plan de Gestión Ambiental, para solicitar la aprobación y permisos de dicha institución, en lo que se refiere a aspectos de viabilidad ambiental, este proceso de revisión institucional dura aproximadamente de



6 a 9 meses, de ahí la importancia de que sea presentado en las primeras etapas del proyecto.

Este proceso de elaboración de un anteproyecto refinado se estima en 3 meses, al igual que el estudio de factibilidad técnica, en donde ambos procesos deberían estar sincronizados con el fin de evitar atrasos en los procesos.

### **1.7.2 ETAPA II. Diseño y elaboración de planos constructivos**

A partir del anteproyecto refinado, se inicia después de la aprobación del mismo, la elaboración de los planos constructivos, se realizan dos paquetes de planos arquitectónicos, uno de infraestructura urbana y otro que corresponde al edificio y obras complementarias.

El control y coordinación del diseño está a cargo de la oficina de arquitectura y de la inmobiliaria, pero se trabaja a nivel de subcontratos y en completa coordinación con diferentes consultores en los que se incluyen consultores estructurales, mecánicos, eléctricos, de equipos especializados como ascensores y aires acondicionados, con profesionales asesores en sistemas y materiales específicos que se vayan planteando implementar en el proyecto.

Todo el proceso de elaboración de planos constructivos y propuesta final constructiva del edificio, esta cuidadosamente monitoreada por un departamento financiero, el cual revisa el avance del mismo y evalúa el costo del proyecto conforme avanza su desarrollo, con el fin de mantener la viabilidad financiera del mismo.

Si en algún momento, el proyecto se sale del costo proyectado, se realizan cambios para poder llevarlo a lo estimado inicialmente.

Según en las palabras del Arq. José Salinas, fundador de la oficina Arquitectura y diseño *"Si la parte financiera del proyecto no da, el proyecto no va, ya que la parte financiera, es la vértebra del proyecto."*

Una vez finalizados los planos constructivos, revisados y aprobados por todas las partes involucradas, se proceden a iniciar el proceso de tramitología de los mismos.

Según información facilitada por la oficina de arquitectura y la inmobiliaria el desarrollo de este proceso dura aproximadamente 4 meses.

### 1.7.3 ETAPA III. Tramitología y permisos

#### 1.7.3.1 Tramite frente a Instituciones

Los proyectos de condominios verticales deben pasar por la solicitud del sellado del CFIA, revisión de ingeniería de bomberos, INVU, AYA, Ministerio de Salud y Aviación Civil. Adicionalmente se debe solicitar el permiso de construcción ante la municipalidad competente.

De esta manera el orden de tramitación de este tipo de proyectos es el siguiente:

- Obtención de requisitos previos (estudios básicos preliminares)
- Sellado del CFIA
- Proceso digital integrado CFIA, Ministerio de Salud, AYA, Bomberos, INVU.
- Permiso de construcción municipal

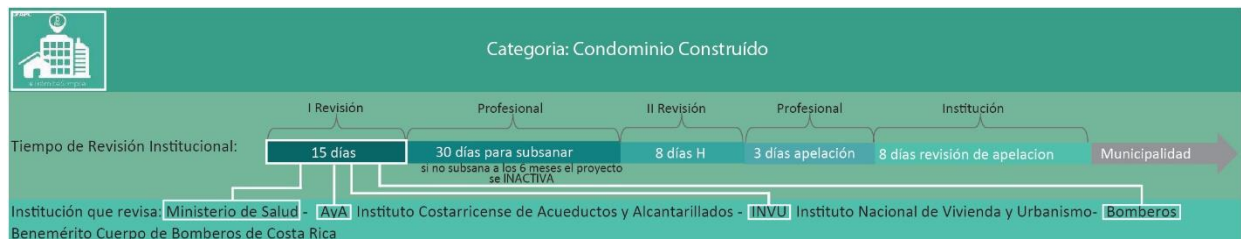


Figura 21. Diagrama de tramitología y tiempos de revisión de cada institución. Fuente: [tramistesconstruccion.go.cr](http://tramistesconstruccion.go.cr). Colegio de Ingenieros y Arquitectos

Para poder tramitar frente a cada institución, se tramita por medio de la plataforma facilitada por el CFIA, APC, en esta plataforma se deben adjuntar los siguientes requisitos documentales:

#### Uso de suelos (Art. 28 Ley de Planificación Urbana (L.P.U.))

Este debe indicar si el uso es conforme o no, según la certificación emitida por el Registro Nacional. En caso de estar vigente un Plan Regulador deberá indicar la zona donde se ubica la propiedad y la normativa como área mínima, frente mínimo, cobertura, retiros, altura, densidad y cualquier otra normativa que deba aplicarse, este debe indicar el número de plano de catastro y la vigencia del mismo.

### **Autorización de desfogue Pluvial (Art.III.3.10, III.3.14 del Reglamento para el Control Nacional de Fraccionamientos y Urbanizaciones)**

Autorización de desfogue pluvial a cuerpos de agua de dominio público o sistemas pluviales existentes, otorgado por la Municipalidad correspondiente; o el MOPT, cuando las aguas son desfogadas a cunetas de alguna carretera nacional.

### **Disponibilidad de agua potable (Art.38 L.P.U., Art VI.3.1.11 R.C.N.F.U. / TOM 4)**

Es obligatorio presentar una de las tres siguientes opciones:

- Certificación de disponibilidad de agua potable otorgada por el AyA o de la institución encargada de dar el servicio de agua potable, o en su defecto, la constancia de capacidad hídrica otorgada por el AyA para los casos en donde exista disponibilidad de recurso, pero no infraestructura
- Si el abastecimiento es por pozos o manantiales disponibilidad de agua o concesión de aprovechamiento de aguas emitida por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), departamento de aguas, para el caso de pozos o nacientes aportar pruebas físico químicas y bacteriológicas de la calidad del agua
- En caso de ASADAS, se debe adjuntar la carta de servicio de disponibilidad de agua o constancia de capacidad hídrica de la ASADA.

### **Plano de Catastro (ART.VI.2.3.b del reglamento para el Control Nacional de Fraccionamientos y Urbanizaciones (R.C.N.F.U.))**

Plano de catastro de la propiedad. Se indica el amarre vial, áreas, derrotero, numero de catastro.

### **Disponibilidad de descarga de aguas negras (ART.VI.3.1.11 R.C.N.F.U.)**

Disponibilidad de descarga de aguas sanitarias, obligatorio una de las siguientes dos opciones:

- Disponibilidad de descarga de aguas sanitarias a colector existente del administrador del alcantarillado sanitario
- Permiso de ubicación del Ministerio de Salud para sistema de tratamiento de aguas residuales cuando corresponda

### **Cédula de identidad del propietario (ART. 3.1.8. R.C.N.F.U.)**

Cedula de identidad para el caso de personas físicas, y personería jurídica del propietario para los casos de personas jurídicas.

**Adicionalmente se debe presentar:**

- Formulario de bomberos (NFPA 1, NFPA 101 última versión en español)
- Memoria de cálculo del sistema de presurización de las escaleras de emergencia cuando las escaleras no tengan ventilación natural, para proyectos de más de 2500 m<sup>2</sup>. (Capítulo 3.1.8 del manual de disposiciones técnicas al reglamento de seguridad humana y protección contra incendios del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, NFPA 101 última versión en español).
- Certificación original de la propiedad, o una copia certificada por un notario público de la opción de compra o en su caso una carta de autorización del propietario, cuya firma deberá venir debidamente autenticada por un notario publico
- Memoria de cálculo del tanque de agua para abastecimiento de hidrantes. Aplica también para cuando se tenga planteado colocar un tanque de agua para atención de incendios. (Capítulo 3.7.6 del manual de disposiciones técnicas al reglamento de seguridad humana y protección contra incendios del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, NFPA 101 última versión en español).
- Memoria de cálculo de sistema fijo contra incendios para proyectos de más de 2500 m<sup>2</sup>. (Capítulo 3.7.5 del manual de disposiciones técnicas al reglamento de seguridad humana y protección contra incendios del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, NFPA 101 última versión en español).
- Memoria descriptiva del sistema de abastecimiento de agua potable/ sistema de alcantarillado/ sistema de alcantarillado pluvial y obras complementarias respectivas
- Memoria de cálculo para el alcantarillado sanitario en uso o prevista, cuando esté no este exonerado de la construcción de la misma. (Reglamento para condominios, Urbanizaciones y Fraccionamientos, capítulo 1, punto 1.2.1, página 7/78)

- Memoria de cálculo para el alcantarillado pluvial en todos los casos. (Reglamento para condominios, Urbanizaciones y Fraccionamientos, capítulo 1, punto 2, página 9/78)
- Memoria de cálculo en caso de ventilación artificial de los servicios sanitarios (Reglamento de construcciones Artículo VI.5)
- Memoria de cálculo para el sistema de bombeo cuando debe ser utilizado
- Permiso del MINAE, departamentos de aguas para realizar obras en las zonas de protección como: entubar, revestir los cuerpos de agua de dominio público, construcción de bastiones etc.
- Aprobación de la planta de tratamiento
- Alineamiento respecto a las líneas de alta tensión ICE o de no afectación de líneas de alta tensión. (ART.VI.3.1.6 del R.C.N.F.U.)
- Alineamiento de áreas de influencia en aeropuertos otorgado por la Dirección General de Aviación Civil (Ley 5150 de Aviación Civil ART. 96)
- Alineamiento de carretera nacional o de proyectos viales del MOPT y de calles de la Municipalidad respectiva ((ART.III.2.3; ART. III.2.6 del R.C.N.F.U.)
- Alineamiento de cauce por el INVU (Gaceta #181 del 16/09/2004. Art.33 Ley Forestal
- Alineamiento de zona de protección de nacientes otorgadas por el INVU, y el de pozos del departamento de aguas del MINAE, para los casos en donde el radio del pozo sea menor a los 40 m. (La Gaceta N° 88 del 07/05/2010 Art.33 Ley forestal)
- Alineamiento del ferrocarril por parte de INCOFER, en caso de que la propiedad colinde con una línea de tren (Reglamento sobre las dimensiones de los derechos de vía en los ferrocarriles nacionales Decreto N° 22483-MOPT artículo N 1. Art. III.2.7.6 del R.C.N.F.U.)
- Autorización de acceso por parte del MOPT, INVU y Ministerio de Salud, cuando la carretera sea de acceso restringido

## **Trámite frente a la Municipalidad**

Después de tener el permiso y aprobación por parte del INVU, del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, del AYA y del Ministerio de Salud, se procede a tramitar los planos constructivos frente a la Municipalidad correspondiente, en donde por medio de la plataforma del CFIA, APC, adjuntamos los requisitos mencionados anteriormente, juntos con los planos sellados por parte del CFIA y adicionalmente adjuntamos la aprobación del estudio del Plan de Gestión Ambiental por parte del SETENA.

Para responder a este trámite la Municipalidad cuenta con 15 días hábiles.

### **1.7.4 ETAPA IV. Licitación y adjudicación de la construcción**

Al finalizar el proceso de tramitología y contar con los planos constructivos aprobados por todas las instituciones involucradas en fiscalizar el proyecto, el desarrollador o inmobiliaria procede a realizar una licitación para la contratación llave en mano de la construcción del edificio.

Con este fin, la inmobiliaria realiza un cartel privado de licitación, e invita a los oferentes a participar en el concurso, en el cartel se definen los alcances y limitaciones, aspectos técnico- constructivos y de especificaciones técnicas, así como temas contractuales.

Una vez entregado el documento oficial de la licitación a cada oferente, los mismos cuentan con un periodo de 4 meses para presentar su oferta oficial, durante el proceso los oferentes pueden hacer consultas sobre el cartel a modo de aclaraciones u observaciones.

### **1.7.5 ETAPA V. Construcción del Edificio**

Se inicia la construcción según los procedimientos y protocolos indicados en el cartel de licitación, en donde se especifican los costos, alcances, especificaciones técnicas, cronogramas, forma de pagos, control y garantías.

La empresa constructora presenta un cronograma de avance de obra, el cual es revisado y aprobado por parte de los fiscalizadores de inversión y de la inmobiliaria,

después de aprobado se da el inicio oficial de la obra, según la reglamentación del código del CFIA de nuestro país, así como con los aspectos legales indicados en el contrato de construcción.

Este periodo de construcción, generalmente puede tardar 12 meses dependiendo de las características, dimensión y tipo de construcción a realizar, dicho periodo será revisado entre las partes involucradas, hasta llegar a un periodo estimado de ejecución de la obra que satisfaga a la parte contratante (la inmobiliaria) y que sea realista y alcance por parte de la constructora.

Una vez finalizada la construcción por parte de la constructora, se realizará una visita preliminar de recepción del edificio por parte de la inmobiliaria, una vez revisada se solicitada la inspección de cierre que realiza el Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, cuando el edificio es revisado y aprobado de acuerdo a las solicitudes solicitadas por esta institución, se realiza la recepción oficial del edificio por parte de la inmobiliaria.

Finalizado esta etapa, la inmobiliaria procede a realizar la entrega de los apartamentos o condominios a los clientes.

## **1.8 Parámetros de diseño de un edificio sostenible**

### **1.8.1 Bases teóricas**

A continuación, se describen algunos conceptos teóricos que involucran el desarrollo, diseño y construcción de proyectos sostenibles y parámetros que se deben aplicar.

#### **Sostenibilidad**

Es un proceso que busca la equidad entre variables, protección ambiental, inclusión social y crecimiento económico.

La sostenibilidad se refiere, por definición, a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social. De aquí nace la idea del desarrollo sostenible, como aquel modo de progreso que mantiene ese delicado equilibrio hoy, sin poner en peligro los recursos del mañana.

En definitiva, la sostenibilidad y el desarrollo sostenible funcionan siguiendo el principio de que no se pueden agotar los recursos disponibles de forma indiscriminada, hay

que proteger los medios naturales y todas las personas deben tener acceso a las mismas oportunidades.

## **Desarrollo Sostenible**

Se puede llamar desarrollo sostenible, aquél desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones.

Instintivamente una actividad sostenible es aquélla que se puede conservar. Por ejemplo, cortar árboles de un bosque asegurando la repoblación es una actividad sostenible. Por contra, consumir petróleo no es sostenible con los conocimientos actuales, ya que no se conoce ningún sistema para crear petróleo a partir de la biomasa.

Características de un desarrollo sostenible:

- Promueve la autosuficiencia regional
- Reconoce la importancia de la naturaleza para el bienestar humano
- Asegura que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, no sólo de unos pocos selectos.
- Usa los recursos eficientemente.
- Promueve el máximo de reciclaje y reutilización.
- Busca la manera de que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental.
- Pone su confianza en el desarrollo e implantación de tecnologías limpias.
- Restaura los ecosistemas dañados.

## **Arquitectura sostenible**

La arquitectura sostenible, es una arquitectura que busca implementar diseños y propuestas en donde se optimicen los recursos naturales, con sistemas y métodos constructivos eficientes que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes.

Pretende fomentar la eficiencia energética para que las edificaciones no generen un gasto innecesario de energía, aprovechen los recursos de su entorno para el funcionamiento de sus sistemas, y tengan el mínimo impacto en el medio ambiente.



*“Un edificio sostenible es aquel cuyo impacto medioambiental es significativamente menor que el de una construcción convencional, las dos estrategias clave que deben prevalecer son: reducir la cantidad de energía necesaria para construir el edificio, y minimizar su dependencia energética una vez terminado y ocupado” (C. Strongman, 2009).*

Existen tres reglas fundamentales para que ocurra o se catalogue que existe un desarrollo sostenible:

1. Ningún recurso renovable deberá utilizarse a un ritmo superior al de su generación
2. Ningún contaminante deberá producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente
3. Ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible

### **1.8.2 Aspectos y requerimientos a considerar en el diseño y construcción de un edificio sostenible**

Los requerimientos a implementar para que un edificio se pueda considerar sostenible se engloban en dos grandes grupos, los sistemas pasivos, que van ligados a la concepción misma del diseño del edificio, que toma en cuenta el contexto, el clima, la topografía, aspectos socioculturales y necesidades de la población en donde se va a ubicar el proyecto.

Este sistema busca incorporar materiales de la zona de bajo consumo energético y bajo impacto en emisiones de CO<sub>2</sub>, además utiliza estrategias pasivas que propicien un bajo consumo energético durante la operación del edificio. Este tipo de sistemas son de bajo costo, por lo que son muy viables de implementar y obedece a un buen diseño en relación a la ubicación geográfica del edificio y el contexto.

El otro grupo corresponde a sistemas activos, que básicamente es la incorporación al diseño de sistemas alternativos de energía y reutilización de recursos como por ejemplo el agua. Estos sistemas implican la incorporación de elementos tecnológicos que encarecen la construcción, sin embargo, estas inversiones iniciales son recuperadas en el tiempo, ya que implican grandes ahorros durante el funcionamiento del edificio, además de traer grandes beneficios ambientales.

## Sistemas pasivos

### Ubicación, entorno y emplazamiento

A la hora de diseñar un edificio es de gran importancia diseñar en función de la ubicación del mismo. Considerar aspectos como clima, temperatura del aire, la radiación solar, la humedad relativa, la pluviometría, la intensidad y dirección de los vientos, la altitud y topografía.

También hay que considerar otros parámetros del emplazamiento que pueden dar lugar a microclimas, como lo son:

- Orientación de la zona
- Vientos dominantes
- La presencia de masas de agua, que puede suavizar las temperaturas o generar brisas
- La presencia próxima de una masa forestal, que puede generar aumento de humedad y además actuar de barrera contra los vientos o el ruido

El diseño del edificio debe responder y estar condicionado por las variables climáticas, analizando los inconvenientes y ventajas dependiendo de la configuración del diseño y los parámetros de confort que se desean alcanzar, por eso es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- Forma: La forma: en general, para climas templados, el edificio lineal en la dirección este - oeste es el más aconsejable, ya que permite un mayor aprovechamiento de la radiación solar recibida por la fachada sur. En algunos lugares donde las temperaturas son extremas (tanto de frío como de calor), puede ser conveniente que el edificio sea más compacto, mientras que, en zonas cálidas con mucha radiación, las fachadas con geometrías complejas (volúmenes añadidos, cuerpos salientes) proporcionan sombras suplementarias.
- Cerramientos del edificio: hay que tomar en cuenta aspectos como permeabilidad del cerramiento, control de la ventilación natural, iluminación natural e impacto de la radiación. Por ejemplo, el paso del aire es proporcional al grado de aberturas exteriores, en donde una permeabilidad alta permite una buena ventilación del edificio, pero también un mayor intercambio energético con el exterior. De igual manera la transparencia incide directamente sobre el grado de insolación y de iluminación natural y sobre el nivel de ganancias y pérdidas de calor. Otro aspecto

importante es la escogencia de materiales y de los colores, ya que colores claros absorben menos energía en relación a los colores oscuros, así mismo hay materiales que poseen mayor absorción de calor.

- **Compartimentación interior del edificio:** una compartimentación elevada permite el control diferenciado de cada aposento o espacio del edificio, sin embargo, un espacio más abierto permite incorporar de mejor manera estrategias pasivas de ventilación cruzada, mejorando las sensaciones de confort, sin necesidad de sistemas mecánicos, una compartimentación flexible permite la adaptación a diferentes usos.

### **Sistemas de control solar**

Se debe implementar elementos para el control de la incidencia de radiación solar, pero sin afectar el ingreso de la luz natural en el interior del edificio, es necesario realizar un estudio de fachadas de acuerdo a la orientación de las mismas para lograr un control y manejo de la luz de manera eficiente.

Existen diferentes elementos que podemos utilizar como barreras y control solar como:

- Volumetría del edificio enfocada a un diseño que responda a un estudio solar
- Elementos fijos: Voladizos, parasoles, aleros
- Elementos móviles: (exteriores/interiores): uso de toldos, persianas etc.
- Elementos que funcionan como complemento de la edificación: por ejemplo, la utilización de la vegetación como barrera, ya sea existente en el sitio, o incorporada posteriormente en el diseño

Es de gran importancia diseñar la protección solar en función de la orientación en que se encuentra ubicado el edificio, por ejemplo, un voladizo o parasol horizontal puede ser efectivo en fachadas al sur, pero no es funcional para fachadas este y oeste, donde funcionan de mejor manera parasoles verticales.

### **Aprovechamiento solar térmico, ventilación natural y manejo de la luz natural**

- **Aprovechamiento térmico:** la orientación óptima de una abertura para la captación solar es la de sur exacto, aunque pequeñas desviaciones de 15° reducen muy poco el rendimiento. La captación típica es la que se da mediante la utilización de aberturas o ventanas, pero también se pueden utilizar sistemas de captación indirecta, como muros captadores o invernaderos, que permiten almacenar el calor ganado durante el día para liberarlo durante la noche, actuando como amortiguadores térmicos.

- Sistemas naturales para el control de la temperatura: se puede reducir la carga térmica del edificio mediante diferentes estrategias:
  - Ventilación cruzada
  - Utilización de monitores, o extractores de aire naturales
  - Reducción de ganancias solares: sombras y aislamiento
  - Refrigeración por evaporación: fuentes, láminas de agua
  - Refrigeración por radiación térmica del edificio al exterior durante la noche: utilización de patios
  - Reducción de las ganancias por conducción, evitando puentes térmicos
- Iluminación natural: para lograr una eficiente iluminación natural es necesario tener claro los siguientes aspectos:
  - La forma y dimensión de los aposentos: los aposentos profundos y con poca superficie de fachadas son más difíciles de iluminar
  - Orientación y tamaño de aberturas: la orientación norte proporciona una iluminación más uniforme, las ventanas altas iluminan mejor los aposentos con mucho fondo.
  - Utilizar barreras o elementos de control lumínico: utilización de parasoles, persianas, vidrios insolados, voladizos etc., que permitan filtrar la luz y la radiación, principalmente en fachadas hacia el sur.

### **Configuración constructiva**

Dos edificios aparentemente idénticos entre sí pueden tener un comportamiento térmico diferente si su sistema constructivo es distinto: el grado de aislamiento térmico y acústico, los materiales utilizados y su disposición relativa (por ejemplo, en una fachada ventilada), etc., influirán de forma definitiva en el consumo energético durante el uso del edificio. Es importante, pues, analizar los aspectos siguientes:

- La inercia térmica interior, o sea, la capacidad de acumular calor en la masa interior propia del edificio y liberarla con un cierto retraso, cuando la temperatura es más baja. Eso puede ser beneficioso en algunos casos porque ayuda a mantener temperaturas más estables. De todas formas, la conveniencia o no de disponer de inercia térmica, siempre dependerá fundamentalmente de dos factores: la cantidad de radiación recibida y el uso del edificio. Es preciso considerar que un exceso de masa térmica también puede llegar a ser contraproducente (cuando no llega suficiente radiación para calentarla; en edificios con usos esporádicos y que cuando están desocupados, no permiten la entrada de sol, etc.), por lo que es preciso dimensionar la masa térmica con precaución.

- **Aislamientos.** El aislamiento térmico nos permite reducir las ganancias y las pérdidas térmicas del edificio, mejorando el nivel de confort y ayudando a evitar el problema de las condensaciones. Hay que contemplar tanto en las partes macizas del edificio como en las aberturas (vidrios dobles, control de infiltraciones, estanquidad de las maderas, persianas, postigos, etc.), sin dejar de lado el aislamiento de los elementos estructurales y constructivos que ocasionan puentes térmicos (columnas, entrepisos, vigas y losas etc.). El aislamiento acústico es también importante. Normalmente las aberturas de fachada son los elementos por donde se produce una mayor penetración de ruido. La mejor solución es la incorporación de ventana doble, pero la simple utilización de vidrios de dos hojas con espesores diferentes ya supone una mejora notable. También es preciso recordar que una ventana batiente es más aislante que una corredera y que la rotura de puente térmico de las maderas contribuye positivamente al aislamiento acústico.

### **Selección de materiales y sistemas constructivos**

El proceso de fabricación de los materiales y productos de la construcción tiene un fuerte impacto que afecta negativamente al medio ambiente, provocando la disminución de los recursos naturales y el aumento del gasto energético. La extracción del material natural, su transformación en materia prima, el proceso de fabricación del producto y el consumo de energía derivada del petróleo, originan emisiones de todo tipo, muchas tóxicas, contaminantes y potencialmente peligrosas para la salud.

La herramienta de trabajo más utilizada en el estudio de la repercusión ambiental de materiales y soluciones constructivas es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Este método analiza los diferentes procesos a qué están sometidos los materiales (producción, transporte, utilización, etc.) y establece indicadores que los penalizan: efecto invernadero, ozono, energía, residuos, etc.

En general, las soluciones constructivas más correctas son las que tienen unas dimensiones ajustadas al cálculo (para reducir el volumen del material y por tanto, el consumo de energía) y están realizadas con elementos fácilmente separables, mediante capas no adheridas que permitan la deconstrucción. Esta medida facilita el reciclaje posterior del material y minimiza la generación de residuos. Por otra parte, la utilización de sistemas prefabricados disminuye la generación de residuos en la obra y garantiza la recuperación de los generados en fabricarlos.

En cuanto a los materiales es fundamental evitar la utilización de los potencialmente peligrosos (como el asbesto o el plomo) o los que en el ciclo de vida originan emisiones en la atmósfera, sobre todo de clorofluorocarburos (CFCs).

Pese a que todos los materiales de construcción provocan un impacto sobre el medio ambiente, cada uno lo hace de forma diferente. Los de origen pétreo, por ejemplo, repercuten principalmente en el lugar de extracción, afectando al paisaje y originando emisiones de polvo. Los metales, además, consumen grandes cantidades de energía en el proceso de transformación, pero también e han de considerar las prestaciones y las posibilidades de reciclaje. Los plásticos tienen como impacto adicional las emisiones tóxicas que producen al ser incinerados. La madera es un recurso natural renovable (si su producción es correctamente gestionada), que consume poca energía en los procesos de transformación más usuales pero que, para algunos usos, puede requerir tratamientos de protección que a menudo originan emisiones y residuos tóxicos.

En resumen, es conveniente la utilización de materiales y sistemas de construcción durables, preferiblemente con certificación de calidad ambiental, como lo son las ecoetiquetas, estandarizados, de fácil manipulación y de procedencia autóctona o cercana a la construcción del proyecto.

Es de suma importancia que los proyectos sean valorados contemplando todo su ciclo de vida, desde la obtención de la materia, su construcción, su funcionamiento, hasta los impactos de una posible demolición y reciclaje, de la construcción, evitando un cálculo de costo del proyecto apoyado solo en costos iniciales de inversión para su construcción, dejando por fuera costos ambientales y de salud pública

Para que una construcción de una vivienda pueda ser sostenible debe ser contemplada de esta manera desde la concepción del diseño, teniendo en cuenta variables como ubicación geográfica, clima, factores socioculturales, confort y selección de la utilización de materiales autóctonos que emitan baja emisión de CO<sub>2</sub>

### **Manejo de residuos**

Todo edificio debería tener un plan y la infraestructura adecuada para el correcto manejo de los residuos, en donde se promueva una estrategia de concientización del usuario o inquilino del edificio, sobre tres conceptos básicos: reducir, reutilizar y reciclar.

El edificio debe estar previsto con espacios acondicionados para que los usuarios realicen de forma selectiva y con facilidad de almacenaje, la entrega de los residuos que generen.

Para lograr esto, se recomienda:

- Disponer de espacio suficiente en cocinas, para colocar baldes o botes de basura específicos para cada tipo de desecho, que facilite la selección, tratamiento y reciclaje de los desechos

- Valorar la posible incorporación de recogida neumática selectiva de desechos
- Incorporar puntos verdes “áreas de recuperación y reinserción en el ciclo productivo de insumos a partir de residuos plásticos, de vidrio, de papel etc.

## **Sistemas activos**

### **Selección de energía a utilizar en el edificio (utilización de sistemas alternativos de energía)**

Las energías llamadas “convencionales” (electricidad, combustibles gaseosos, líquidos y sólidos) se obtienen mayormente a partir de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) y en centrales hidroeléctricas, térmicas o nucleares. Desde un punto de vista medioambiental, en los criterios para la elección del tipo de energía a utilizar se debería tener en cuenta la eficiencia de la trayectoria energética para transformarla y la contaminación que produce (emisiones de CO<sub>2</sub>), así como los riesgos para la población que se derivaran.

Es por este motivo que se recomienda incorporar sistemas alternativos de energía, apoyados en fuentes de energía renovables, como la solar térmica, solar fotovoltaica, la eólica, la hidráulica y la biomasa, que son energías que se caracterizan por ser recuperables cíclicamente y de forma natural, además de no ser contaminantes.

Las mismas se detallan a continuación:

- Energía solar térmica: Además de aprovechar las radiaciones solares para generar energía eléctrica, también se puede aprovechar el calor que llega a la tierra para cocinar alimentos o para calentar agua o aire que se utiliza para consumo (bien para calefacción, para ducha o para producir energía mecánica que posteriormente transformaremos en energía eléctrica). Las instalaciones de energía solar térmicas requieren de varios componentes para aprovechar el calor procedente del sol y, dependiendo de su complejidad, puede llegar a tardar en amortizarse hasta cinco o seis años
- Energía solar fotovoltaica: es uno de los sistemas más utilizados en los edificios para generar energía eléctrica, son las radiaciones, para la cual se utilizan células fotovoltaicas que son capaces de transformar este tipo de energía renovable en energía eléctrica. La instalación de paneles solares para capturar la energía solar fotovoltaica cada vez es mayor, ya que el coste de éstos se ha reducido considerablemente a la vez que se ha mejorado su eficiencia. Así se

consigue generar energía eléctrica para autoconsumo o para utilizar a gran escala sin emitir gases nocivos para la capa de ozono.

- Energía eólica: es aquella que procede del viento. Gracias a la proliferación de molinos eólicos, los humanos aprovechamos las corrientes de aire para que el movimiento de las hélices produzca energía eléctrica que puede utilizarse para múltiples cosas. Debido a este principio, la energía eólica es una energía renovable que contribuye a la conservación del medio ambiente dado que no emite gases nocivos para la capa de ozono, lo que a su vez contribuye a frenar el efecto invernadero. Como pega, la intermitencia del viento puede hacer que los molinos no generen energía durante horas
- Energía hidráulica: también es conocida por la denominación de hidroenergía o energía hídrica ya que el agua es el elemento del cual se obtiene la energía que posteriormente se transformará en energía eléctrica. A gran escala, las centrales hidroeléctricas de presas retienen agua para dejarla salir poco a poco a través de unos álabes de una turbina; esto genera un movimiento continuo que, conectado a un generador, transforma la energía cinética y potencial de las corrientes del agua en energía eléctrica aprovechable para el día a día
- Biomasa: es un tipo de energía que procede de la materia orgánica creada por las plantas durante el proceso de la fotosíntesis. La energía química de la biomasa se puede recuperar mediante la quema directa, aunque también se puede transformar en combustible mediante procesos físicos o químicos en los que se pierde algo de la energía útil total. La biomasa es una fuente de energía alternativa a los habituales combustibles fósiles, gaseosos o sólidos, algo que aprovechamos para el consumo energético mundial, sobre todo en el sector del transporte.

Para el caso en particular del edificio objeto de estudio, debido a que es un edificio de altura en un contexto muy urbano, en donde se quiere realizar una intervención de bajo impacto y contaminación, la opción elegida es la generación de energía solar fotovoltaica. Es una opción que viene teniendo un crecimiento importante en el país, en donde diversas empresas como ofrecen financiamiento y garantía, haciendo esta una opción desde el punto financiero viable debido al ahorro energético y por ende reducción del costo operacional del edificio por amortización del consumo de energía eléctrica.



## **Eficiencia en el sistema eléctrico, alumbrado y equipos**

Los sistemas eléctricos de un edificio deben diseñarse de modo que sean los más eficientes y racionales posibles, algunos aspectos importantes a considerar son los siguientes:

- Posibilidad de incluir discriminadores de consumo, con el fin de no instalar potencias excesivas que puedan influir negativamente en el consumo
- Utilizar sistemas eléctricos y equipos de bajo consumo, como por ejemplo ascensores, sistemas eléctricos de cocina, sistemas de iluminación etc., preferiblemente utilizar sistemas con certificación de bajo consumo energético.
- Alumbrado: se deben colocar sistemas de alumbrado con regulación y control, con detectores de presencia, dando prioridad al aprovechamiento de la luz natural. Se recomienda la utilización de iluminación LED de bajo consumo energético, con sensores de movimientos para áreas de circulación en edificios, así como luminarias con recarga solar independiente para áreas comunes y jardines.

Tipos de mecanismos de regulación y control de la iluminación:

Los sistemas de regulación de iluminación pueden conseguir ahorros hasta del 60% del consumo, en relación a la utilización de luminarias convencionales y sistemas tradicionales de sistema eléctrico, entre los sistemas de regulación y control tenemos:

- Detectores de presencia: a través de rayos infra rojos accionan la luz cuando detectan la presencia de personas y se apagan al abandonar la estancia.
- Programadores horarios: para activar y desactivar la luz adaptándose a los horarios de cada edificio.
- Células fotoeléctricas: para conectar y desconectar el alumbrado según los niveles de luz natural. Suele utilizarse para la iluminación de zonas exteriores
- Interruptores temporizadores: para el apagado automático de la luz pasado un tiempo determinado. Muy útil para aseos. Evita que nos dejemos la luz puesta al abandonar la habitación.

## **Uso racional y eficiente del agua**

Es fundamental incorporar en el diseño de un edificio sistemas que reduzcan y optimicen el consumo del agua, aprovechando el agua ya utilizada, o el agua de lluvia para usos secundarios que no sean propiamente de consumo humano.

Algunas medidas que se pueden utilizar son:

- Diseñar redes de agua separativas de evacuación de aguas pluviales y residuales con el objeto de reutilizar las primeras en otros usos (riego, incendios, inodoros).
- Considerar la posibilidad de depurar en el mismo edificio las aguas grises (baños y duchas) para reutilizarlas en otros usos (riego, incendios, inodoros).
- Prever mecanismos de ahorro de agua en grifos e inodoros de doble descarga selectiva.
- Riego. La mejor opción es que sea con agua reciclada (pluvial/aguas grises), pero en cualquier caso el sistema debería ser preferentemente por goteo. Además, siempre es conveniente que el control y la regulación no se realicen de forma manual sino automática.

### **1.8.3 Certificación LEED**

La certificación LEED es un sistema de certificación para edificios sostenibles, que significa por sus siglas en inglés "Leadership in Energy and Environmental Design" desarrollado por el Consejo de Construcción Verde de Estados Unidos USGBC (United States Green Building Council).

Este sistema fue inicialmente implantado en el año de 1993, y actualmente es utilizado en muchos países, la última versión es el LEED v4 para diseño y construcción de viviendas de baja y mediana altura.

El documento para una certificación LEED, se compone de un conjunto de normas sobre la utilización estrategias dirigidas a lograr una sostenibilidad en edificios, independientemente de su uso, incorporando al proyecto aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad

ambiental interior, la eficiencia del consumo del agua, el desarrollo sostenible de los espacios libre y la selección de materiales.

Esta certificación tiene como objetivo último una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción.

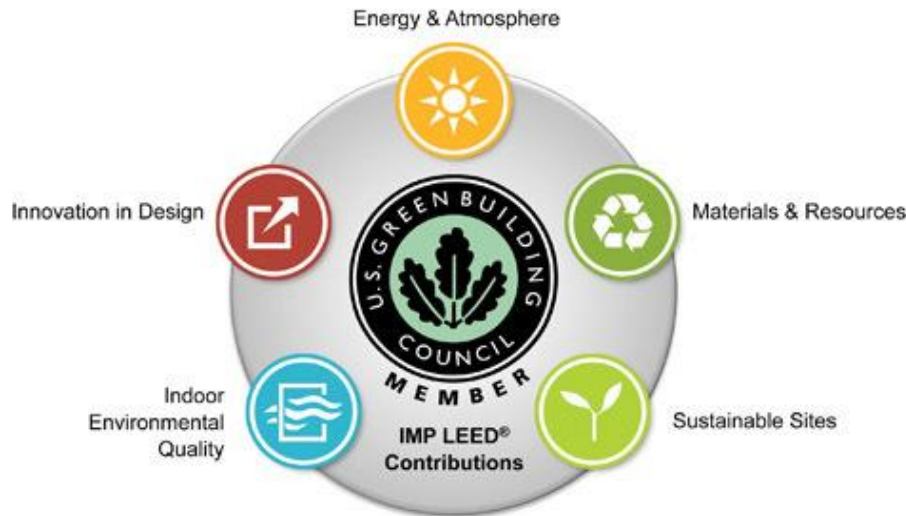


Figura 22. Esquema de categorías de los parámetros de diseño sostenible LEED.

Fuente: USGBC

La certificación LEED es un sistema de puntuación en el cual las edificaciones obtienen puntos LEED por satisfacer criterios específicos de construcción sostenible.

En cada una de sus categorías, los proyectos deben satisfacer determinados prerequisites y ganar puntos o créditos LEED. Las cinco categorías son; Sitios sostenibles (SS), Ahorro de agua (WE), Energía y atmósfera (EA), Materiales y recursos (MR) y Calidad ambiental de los Interiores (IEQ). Una categoría adicional, Innovación en el diseño (ID), atiende la pericia de la construcción sostenible, así como las medidas de diseño que no están cubiertas dentro de las cinco categorías ambientales anteriores.

El número de puntos obtenidos por el proyecto determina el nivel de certificación LEED que el proyecto recibirá. La Certificación LEED está disponible en cuatro niveles progresivos de acuerdo con la siguiente escala:

- certificado (LEED Certificate),
- plata (LEED Silver),
- oro (LEED Gold) y
- platino (LEED Platinum).

Existe una base de 100 puntos; además de 6 posibles puntos en Innovación en el diseño y 4 puntos en Prioridad regional.

La obtención de puntos para lograr una certificación LEED, se divide de la siguiente manera:

**1. Ubicación y Transporte** Evitar el desarrollo en sitios no apropiados. Reducir la distancia de desplazamiento de vehículos. Promover la habitabilidad y mejorar la salud humana mediante el fomento de la actividad física diaria.

**2. Sitios sostenibles:** Aboga principalmente por definir correctos criterios de emplazamiento de los proyectos, por la Revitalización de terrenos subutilizados o abandonados, la conectividad o cercanía al transporte público, la protección o restauración del hábitat y el adecuado manejo y control de aguas lluvias en el terreno seleccionado.

**3. Uso Eficiente del Agua:** Nos incentiva a utilizar el recurso agua de la manera más eficiente, a través de la disminución 0 del agua de riego, con la adecuada selección de especies y la utilización de artefactos sanitarios de bajo consumo, por ejemplo.

**4. Energía y Atmósfera:** Debe cumplir con los requerimientos mínimos del Standard ASHRAE 90.1-2007 para un uso eficiente de la energía que utilizamos en nuestros proyectos, para esto se debe demostrar un porcentaje de ahorro energético (que va desde el 12 % al 48 % o más) en comparación a un caso base que cumple con el estándar. Además, se debe asegurar en esta categoría un adecuado comportamiento de los sistemas del edificio a largo plazo.

**5. Materiales y Recursos:** Describe los parámetros que un edificio sostenible debiese considerar en torno a la selección de sus materiales. Se premia en esta categoría que los materiales utilizados sean regionales, reciclados, rápidamente renovables y/o certificados con algún sello verde, como por ejemplo una Declaración ambiental de producto verificada conforme a las Normas UNE-EN ISO 14025 y UNE-EN 15804, entre otros requisitos.

**6. Calidad del Ambiente Interior:** Describe los parámetros necesarios para proporcionar un adecuado ambiente interior en los edificios, una adecuada ventilación, confort térmico y acústico, el control de contaminantes al ambiente y correctos niveles de iluminación para los usuarios.

**7. Innovación en el Diseño:** Los créditos frente a la experiencia de construcción sostenible, así como medidas de diseño que no están cubiertos bajo las cinco categorías de crédito LEED.

40 a 49 puntos – LEED Certified (Certificado)

50 a 59 puntos – LEED Silver (Plata)

60 a 79 puntos – LEED Gold (Oro)

80 o más puntos – LEED Platinum (Platino) de los seis créditos de prioridad

### 1.8.4 Normas para edificaciones sostenibles en el trópico

#### **Normas RESET (Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el trópico)**

Normas RESET es una normativa para certificar la sostenibilidad del diseño, la construcción y la operación de edificios.

Las principales tendencias de normativa de construcción sostenible provienen de países del norte, y no reflejan las necesidades de los climas tropicales. Convirtiéndose una herramienta de evaluación acorde a la realidad nacional, el Instituto de Normas Técnicas (INTECO), el Instituto de Arquitectura Tropical (IAT), el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) desarrollaron la norma.

La herramienta busca facilitar y revisar decisiones en los proyectos constructivos para incorporar criterios responsables con el entorno.

Dentro de los objetivos es que se puedan plantear objetivos de sostenibilidad no solo basados en el uso de tecnologías, sino más bien plantear propuestas o estrategias adaptadas hacia el clima y realidad social de la zona, utilizando mano de obra y materiales locales, reduciendo el impacto ambiental desde la concepción del diseño y la escogencia de materiales.

Convencidos que el impacto del sector construcción se reducirá solo cuando la mayor parte de las edificaciones puedan acceder a certificados de sostenibilidad, RESET fue creada para ser una norma al alcance de las mayorías y al alcance de la construcción masiva.

La norma está diseñada para la evaluación de una edificación en su etapa de diseño, construcción y/o operación y para ser utilizada como herramienta de evaluación de impacto. Además, se ha diseñado para evaluar la edificación en cada etapa específica de su ciclo de vida diseño, construcción y operación, para esto se requiere disponer de los datos de gestión socioeconómica del proyecto, así como registros de información pertinente de cada etapa, esto con el fin de obtener resultados más precisos para la evaluación.

Para lo cual cuenta con tablas específicas por área abarcando 7 aspectos a evaluar como lo son:

**Categoría de impacto:** Esta hoja de contexto se debe completar para establecer la categoría de impacto del proyecto en relación con su tamaño y naturaleza del lugar. Esto ubica la extensión del proyecto en relación con su impacto social y ambiental.

**Factor de infraestructura:** evalúa estrategias de diseño sostenible referidas a la ubicación del sitio del proyecto en un lugar donde la infraestructura y los servicios

tengan un mayor nivel de integración con el entorno promoviendo la “ciudad compacta”.

**Estudios preliminares del terreno:** evaluación de áreas de riesgo, características del suelo, recursos bióticos y culturales.

**Aspectos socio-económicos:** obtener el conocimiento de la administración del proyecto en cuanto a su gestión económica, así como el trato justo y seguridad de los trabajadores y ocupantes del proyecto.

**Entorno y transporte:** lo que se busca con la siguiente información es la minimización de riesgos, aprovechamiento y explotación de infraestructura existente, conservación de patrimonio cultural del medioambiente, la relación de transporte eficiente y limpio hacia y dentro de la obra.

**Calidad y bienestar espacial:** su objetivo es la evaluación del diseño, que permita el vínculo con la naturaleza, el desarrollo de un diseño climatizado pasiva para un clima tropical, asegurando el confort térmico, circulación de aire, iluminación natural

**Suelos y paisajismo:** evalúa las consideraciones del proyecto con los elementos bióticos del lugar biodiversidad existente, así como las medidas propuestas para su conservación y desarrollo. Materiales y recurso evalúa el uso de materiales amigables con el medio ambiente, el uso de materiales locales, optimización de recursos, adecuado manejo de desechos producidos durante la construcción.

**Uso eficiente del agua consideración con el agua en tres aspectos:**

- Reducción del uso del agua potable
- Valorización del agua por parte del usuario
- Tratamiento adecuado de aguas servidas y correcto manejo de agua residual

**Optimización energética** utilización de fuentes de energía limpia reducción de consumo a través de equipos eficientes un adecuado manejo de iluminación.

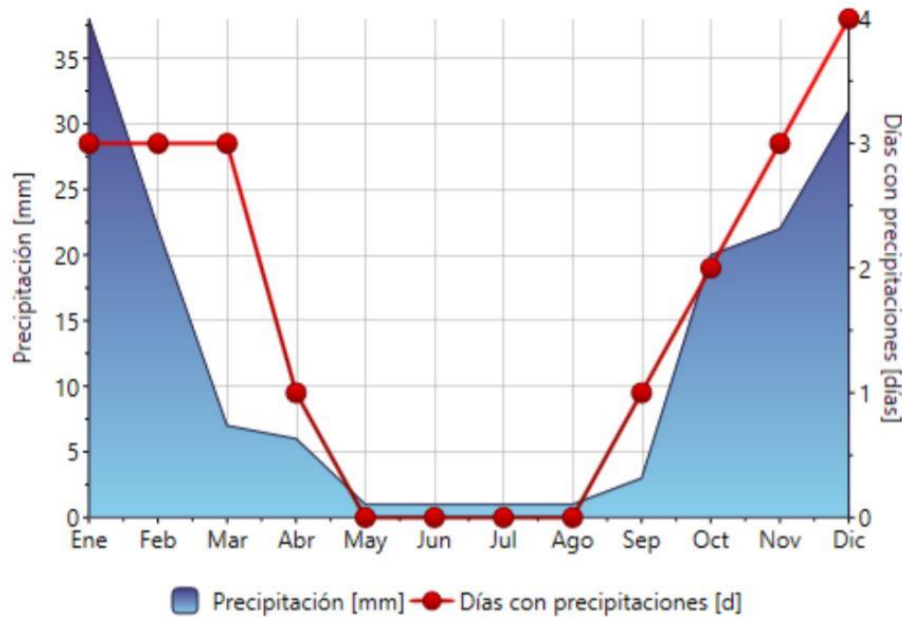
### 1.8.5 Herramientas informáticas para el análisis y cálculo de parámetros del clima

Existen diferentes herramientas informáticas utilizadas para la investigación y análisis de variables climáticas y ambientales que afectarían un proyecto, las cuales nos permiten obtener datos más exactos, que podemos utilizar para la toma de decisiones en el diseño de proyectos sostenibles, procurando un ahorro a nivel operacional del edificio, logrando eficiencia energética y la incorporación de energías renovables.

Para efectos de esta investigación, se utilizaron los siguientes:

#### 1.8.5.a Meteonorm (Generación de archivos de datos climáticos globales)

El meteonorm es un software que suministra datos meteorológicos precisos en cualquier lugar de la Tierra. Gracias a los métodos de interpolación, el programa proporciona variables de clima, simulando un año típico. El archivo de datos de clima incluye datos del clima como la temperatura, la humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento, nubosidad, precipitaciones etc. A partir de esta base de datos se crean simulaciones para determinar el consumo energético.



Relacion entre precipitaciones medias y días con precipitaciones en el año. - Fuente: Data from Meteonorm™ 2016

Figura 23. Gráfico generado a partir del software Meteonorm. Fuente: arquitectura y sostenibilidad.com

### 1.8.5.b Climate Consultant ( Visualización de archivos de datos climáticos)

Es un programa informático que muestra los datos climáticos de distintas maneras, incluyendo la temperatura, humedad, velocidad del viento, cobertura del cielo, la radiación solar en 2D y 3D para todas las horas del año.

También genera diagramas solares con superposición de capas y posibilidad de filtrar en función de las horas o periodos de uso o cuando se requiere sombreado. El análisis grafico psicométrico muestra las estrategias de diseño pasivo más adecuadas en cada clima, mientras que la rosa de vientos muestra velocidades, dirección, temperatura y humedad coincidente.

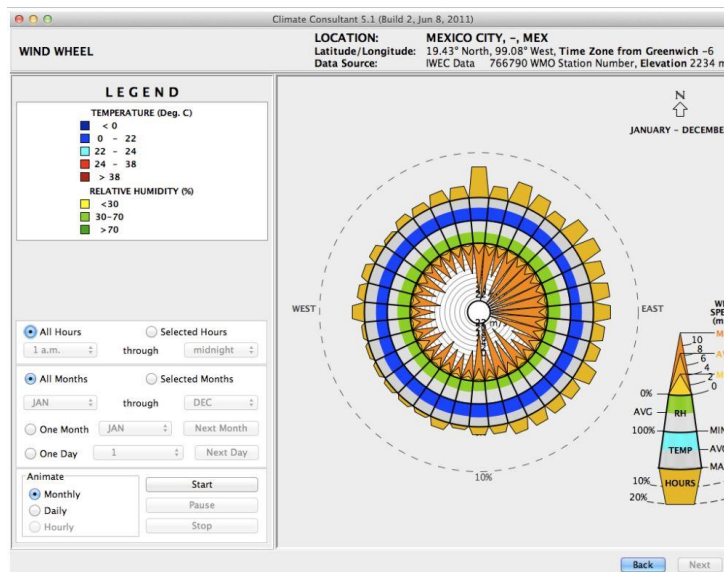


Figura 24. Rosa de los Vientos, generada a partir del software Climate Consultant. Fuente: arquitectura y sostenibilidad

### 1.8.5.c Design Builder

Este es un software especializado en la simulación ambiental y energética de edificios. Sus avanzadas presentaciones permiten evaluar aspectos como los niveles de confort, consumos de energía y las emisiones de carbono.

Posee una estructura modular, con un avanzado modelador 3D que funciona como núcleo y un conjunto de módulos de análisis acoplados a él. El programa cuenta con 9 módulos, cada uno de los cuales ofrece un tipo de tarea o análisis específico. Este enfoque le da a Design Builder una gran flexibilidad para cubrir los requerimientos particulares de los usuarios.



Este software realiza un análisis dinámico de la eficiencia energética del edificio (análisis térmico) utilizando como motor de cálculo Energy Plus.

Además, proporciona una serie de datos de comportamiento ambiental, tales como consumo de energía, datos de confort interior y dimensionamiento de las instalaciones de climatización. El programa además puede ser utilizado para las simulaciones de muchos tipos de instalaciones de climatización habituales, edificios con ventilación natural, edificios con control de iluminación natural, fachadas dobles, estrategias avanzadas de protección solar etc.

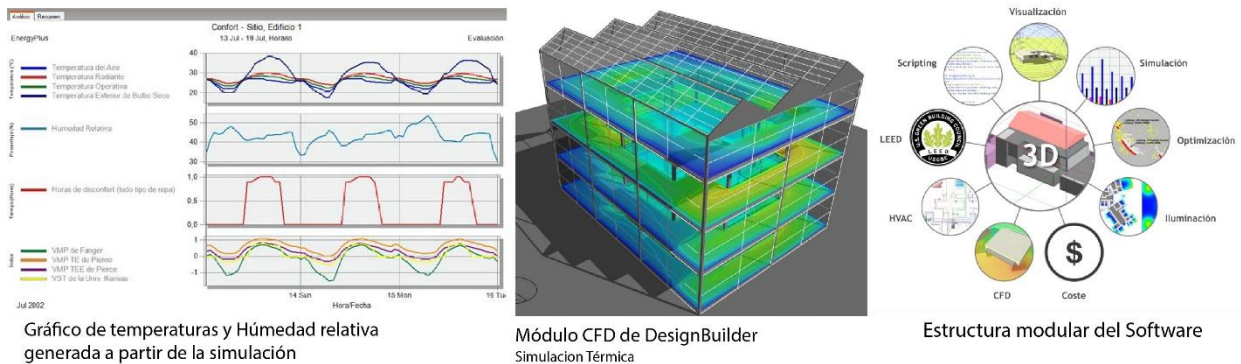
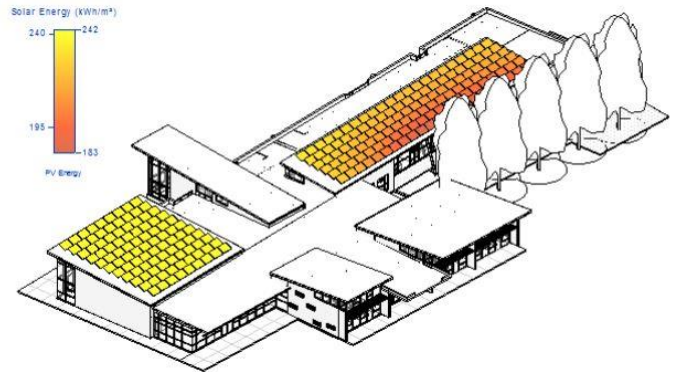


Figura 25. Gráficos generados a partir del software Design Builder Fuente: Arquitectura y sostenibilidad.com

#### 1.8.5.d Insight 360 de Autodesk

Insight 360 es una herramienta eficaz y coherente para la mejora del rendimiento energético y medio ambiental en todo el ciclo de vida del edificio, con él se logra obtener una comprensión de que elementos de diseño pueden conducir a mejores resultados con la orientación y recomendaciones propulsados por motores de simulación avanzada clara, integrando análisis de iluminación, análisis solar y de producción fotovoltaica, mediante un modelo 3D bajo el concepto BIM, lo que permitiría definir la ubicación y dimensión de aberturas en fachadas, para mayor aprovechamiento de iluminación natural y ventilación por medio de ventanas, así como la ubicación y cantidad de paneles fotovoltaicos que se deberían colocar de acuerdo a un rendimiento proyectado establecido.



30

Figura 26 Grafico Análisis de potencial fotovoltaico sobre el edificio. Fuente: blogs.autodesk.com

### 1.8.5. e. Aplicaciones para Análisis Climáticos desarrolladas por Andrew Marsh.

Andrew Marsh creó una lista de aplicaciones o herramientas de análisis climático, que utilizan principalmente Web GL y SVG, algunas de las aplicaciones que se utilizaron para un análisis micro del estudio de caso son:

#### Carta psicrométrica

Esta aplicación utiliza un cuadro psicrométrico, en el cual se pueden superponer una gama de métricas de confort y líneas de procesos, así como cargar y ver datos meteorológicos Energy plus y Open Studio. Transita entre la humedad relativa y la humedad absoluta en el eje vertical, el cual funciona para ilustrar las relaciones centrales entre los cuadros bioclimáticos de Givony y Olgyay.

Los términos psicometría se refiere al estudio del aire húmedo y sus propiedades termodinámicas, aunque obviamente es importante en el diseño de sistemas de aire acondicionado, son determinantes claves del confort térmico dentro de un edificio, lo que hace que la psicometría sea una parte importante del cualquier proceso de diseño pasivo y o sensible al clima.

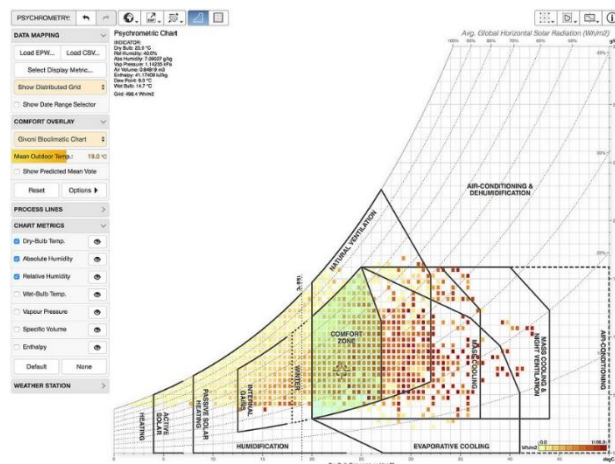


Figura 27. Grafico Carta psicrométrica generada a partir de la aplicación Web de Andrew Marsh.com

## Datos del tiempo

Esta aplicación web permite cargar y mostrar datos meteorológicos de Energy Plus en un gráfico de 3D con promedios de datos y secciones animadas. Mapea el rango completo de métricas de datos meteorológicos contra el día del año y la hora para crear una gráfica de superficie de 3D ondulada. Esta se puede ajustar de forma interactiva la métrica visualizada, el tamaño y la escala del gráfico, los planos, la sección y los parámetros por medio de datos.

El objetivo de esta aplicación es leer y mostrar los archivos de datos meteorológicos Energy Plus. Estos archivos contienen datos anuales por hora para una variedad de métricas meteorológicas para estaciones de todo el mundo.

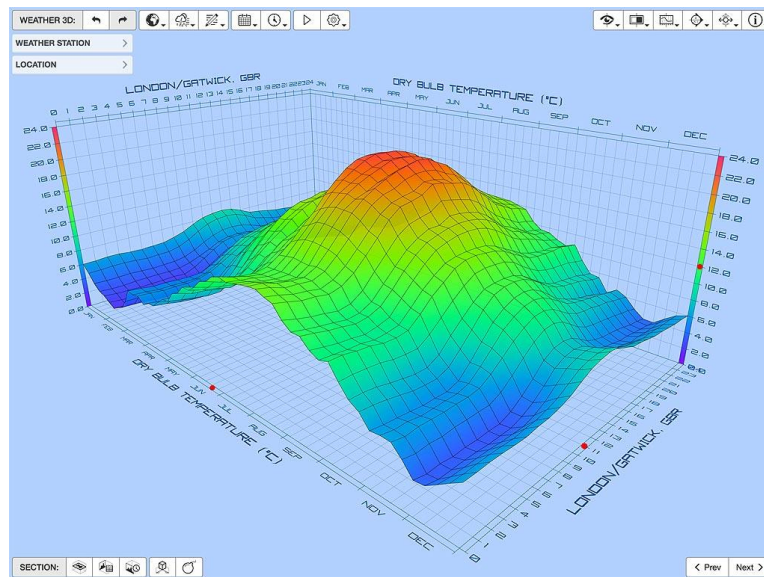


Figura 28. Datos del tiempo generados a partir de la aplicación Web de Andrew Marsh.com

## 3D- Trayectoria del Sol

Esta aplicación demuestra la relación entre la ubicación geográfica y la posición solar durante todo el año. Se puede utilizar el mapa para arastrar la ubicación y ver de forma interactiva como cambia el diagrama de la trayectoria del sol y las proyecciones de sombras. También puede relacionar directamente la ubicación y la ruta solar en 3D con la duración del día y un rango de diferentes proyecciones de ruta solar en 2D.

El objetivo de esta aplicación es ilustrar la relación entre la ubicación del proyecto y la ruta del sol.

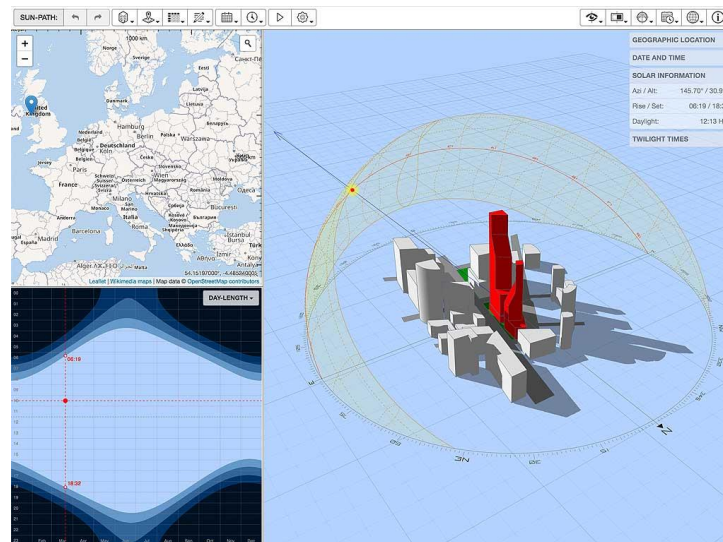


Figura 29. 3D Trayectoria del Sol generado a partir de la aplicación Web de Andrew Marsh.com

### 1.8.6 Uso de Calculadoras Energéticas (Software Edge)

El software EDGE, es una herramienta que se puede usar de manera gratuita en línea para diseñar un edificio comercial o residencial eficiente en términos de recursos, ya que ofrece una manera cuantificable de reducir el empleo de recursos en el diseño de los edificios.

Al software se ingresan la mayor cantidad de datos e información posible sobre el edificio que se está diseñando, posteriormente se eligen los sistemas y soluciones que propone el programa para implementar al proyecto, y de acuerdo a esta selección se generan gráficos sobre el impacto que tendría en términos de ahorro, identificando opciones que ofrezcan mejores resultados a un costo menor.

EDGE calcula los ahorros en servicios públicos y la reducción del impacto de las emisiones de su edificio ecológico, comparándolos con los de una línea base. En su panel puede ver cuánto dinero adicional se necesita para construir edificios ecológicos y el poco tiempo que lleva recuperar el dinero a través de los ahorros operacionales.

Para cumplir con la norma EDGE el proyecto debe alcanzar un ahorro mínimo del 20% en energía, agua y energía incorporada en los materiales, una vez alcanzados estos parámetros, se puede la certificación EDGE.

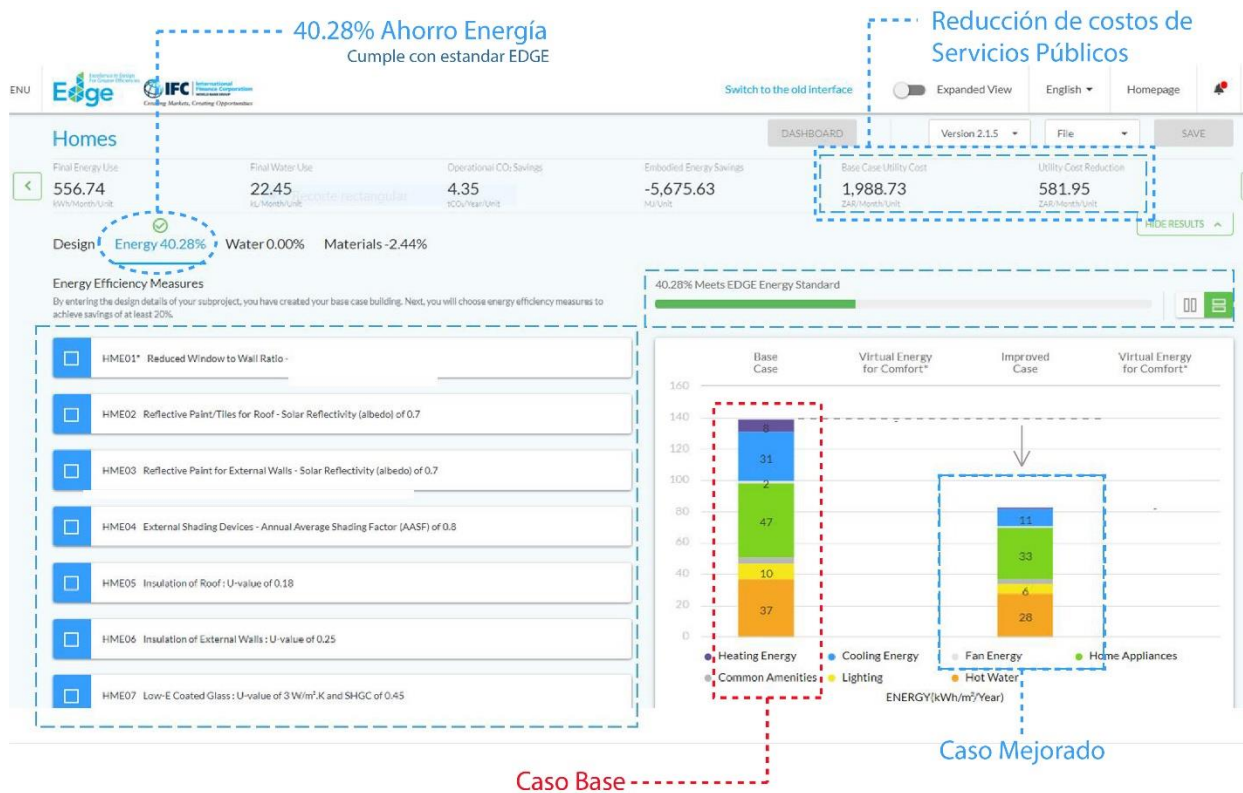


Figura 30. Ejemplo gráfico generado por la calculadora energética EDGE. Fuente: edgebuildings.com

## 1.9 Estudios de Caso

Con el fin de tomar como guía de referencia edificios que dentro de su diseño y construcción hayan utilizado criterios de sostenibilidad, que incluyan estrategias pasivas e incorporado sistemas alternativos de energía por medio de aplicación de tecnología, además de utilizar materiales bajos en emisiones de CO<sub>2</sub>, se presentan los siguientes casos:

- Torre Menara Mesiniaga
- Complejo Residencial SAYAB
- Edificios Bosque Vertical



### 1.9.1 Torre Menara Mesiniaga

#### Ficha técnica:

Ubicación: kuala Lumpur, Malasia

Área: 12,345.69 m<sup>2</sup>

Arquitecto: Ken Yeang

Periodo de construcción: 1989 -1992

Altura 63 m<sup>2</sup>

Número de pisos: 15 niveles

La torre Menara Mesiniaga fue el primer edificio en altura ecológico proyectado por Ken Yeang, por encargo de la empresa IBM, quienes solicitaron diseñar un edificio de oficinas que además tuviera ambientes de ocio y esparcimientos como cafeterías, salas de estar, terrazas, gimnasio y áreas de piscina en la azotea. El diseño del edificio debía responder y adaptarse a un clima tropical, el cual posee días calurosos y soleados, y periodos con fuertes precipitaciones.

Ken Yeang proyectó el diseño de un edificio bioclimático, que tuviera un bajo impacto ambiental durante su uso y operación, para lograr esto utilizó al máximo la implementación de estrategias pasivas.

Dentro las estrategias utilizadas podemos mencionar:

- Iluminación y ventilación natural: de acuerdo a los requerimientos de iluminación, ventilación y permanencia que se debían tener en los diferentes espacios, se fueron agrupando las zonas dentro del edificio, colocando los núcleos de servicios y de circulación al este, sirviendo estos de barrera como protección de los espacios de ocio al interior del edificio. (Ver ilustración 16).

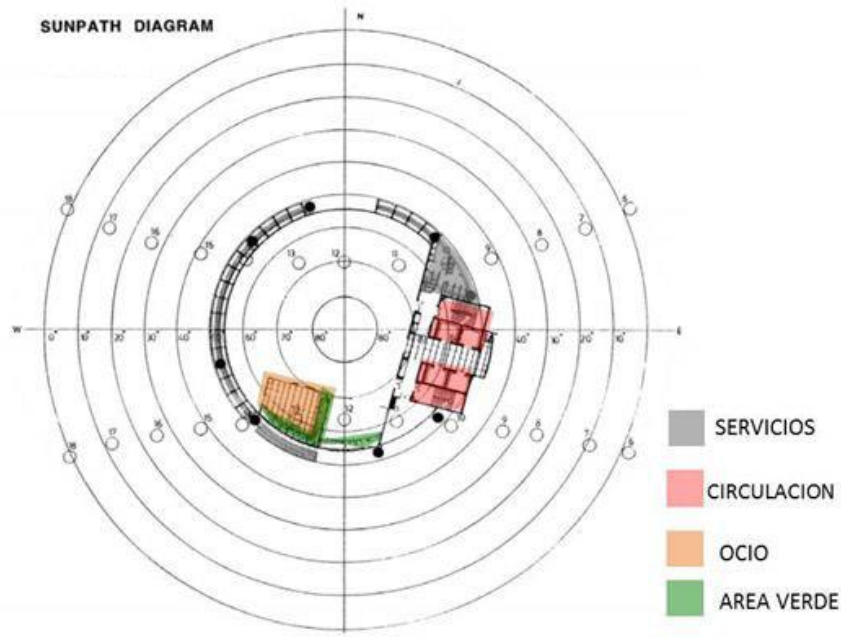


Ilustración 16. Planta y Zonificación de Torre Menara. Fuente: Sachahuaman, Sandra. Arquitectura.blogspot

- Adicional a la distribución del programa arquitectónico, como mecanismo del control solar, se utilizaron diferentes elementos adicionales, como parasoles en concreto, aleros y pantallas, para reducir la ganancia solar, y generar sombras principalmente en las fachadas este y oeste. (Ver ilustración 17).

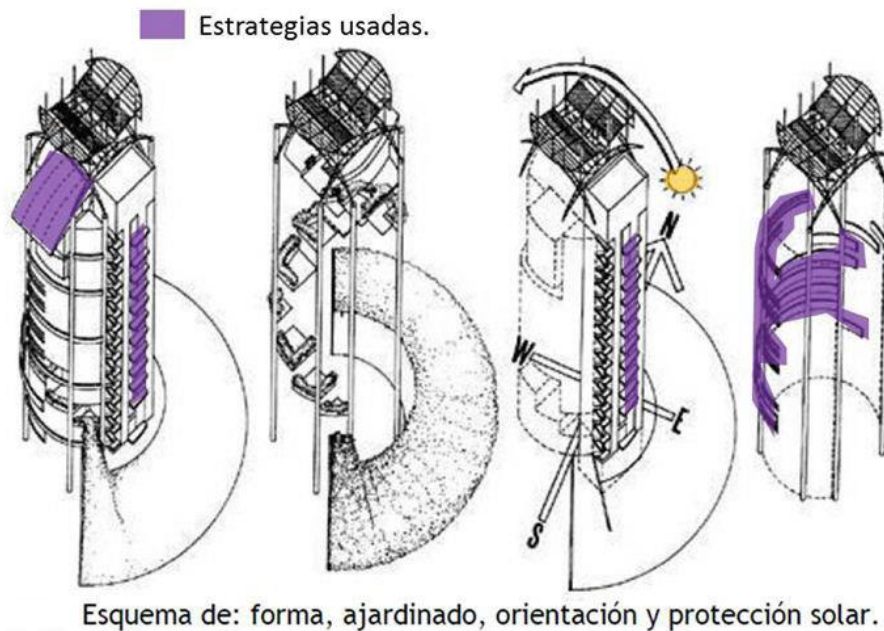


Ilustración 17. Diagrama de barreras de protección de incidencia solar utilizadas en la Torre Menara. Fuente: Sachahuamán, Sandra. Arquitectura.blogspot





Puntualmente podríamos rescatar los siguientes criterios de diseño utilizados para el edificio:

- Edificio en altura que responde a un diseño bioclimático
- Utilización de sistemas pasivos de climatización
- Ahorro del consumo energético durante el uso y funcionamiento del edificio
- Existencia es espacio de transición y ocio
- Utilización de vegetación como barrera solar, para mitigar el efecto de reflexión solar que impacta al edificio, además de crear microclimas e integrar al edificio con la naturaleza
- Ubicación estratégica de núcleos de servicios, que permiten el uso de la ventilación e iluminación natural

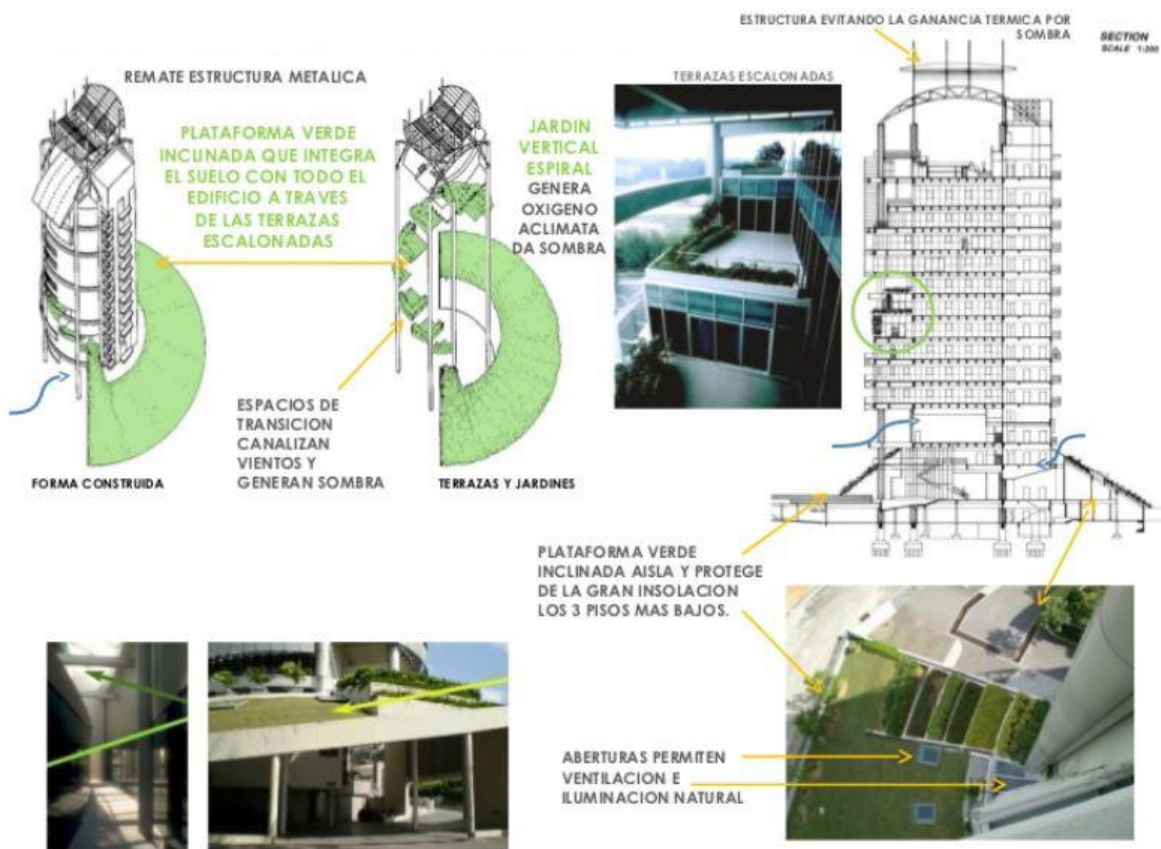


Ilustración 19. Estrategias de diseño incorporadas al edificio Torre Menara. Fuente: Palama, Ricardo. Slide .Share

## 1.9.2 Complejo Residencial SAYAB

### Ficha técnica

Ubicación: Av. Guadalupe No. 56 – 73, Gratamira, Cali, Colombia

Área: 38.942'75 m<sup>2</sup>

Arquitecto: Luis de Garrido

Año de Construcción: 2006

Materialidad: Placas de hormigón armado, placas de yeso-celulosa hidrófugo, aislamiento de cáñamo de 5 cm, cámara de aire ventilada de 3 cm. Pinturas vegetales.

Tipología: Cuatro Bloques pensados como Vivienda Social Colectiva y en la actualidad son usados por la Clase Media.



Ilustración 20. Conjunto Residencial SAYAB. Fuente: [www.architecturelist.com](http://www.architecturelist.com)

El complejo Residencial SAYAB, fue elegido como el conjunto residencial más sostenible en Colombia en el año 2011, recibiendo como reconocimiento la medalla de Oro en temas de responsabilidad ambiental.

El premio ha sido otorgado debido a las singulares características del conjunto, cuyos objetivos se sintetizan en su propio nombre: SAYAB significa "Fuente natural de vida", en idioma Maya.

Estas características son las siguientes:

- Alto Nivel sostenible
- Alto nivel bioclimático. No son necesarios sistemas de climatización
- Iluminación natural y ventilación natural
- Bajo consumo energético
- Baja generación de residuos
- Obtener zonas verdes con mayor superficie que la del solar
- Fomento de las relaciones sociales
- Triple nivel de seguridad
- Utilización de materiales saludables y biodegradables
- Industrialización y prefabricación de todos sus componentes
- Utilización de componentes reutilizables y reparables
- Absoluta desmontabilidad. Los edificios nunca se derribarán
- Ciclo de vida infinito
- Baja necesidad de mantenimiento
- Bajo precio

SAYAB se encuentra ubicado en el barrio de Gratamira, en Cali (Colombia). El conjunto residencial está compuesto por 4 grandes bloques, con un total de 345 viviendas, y varios centros sociales y comerciales.

Para aprovechar al máximo la edificabilidad permitida, y reducir al máximo la repercusión del precio del terreno en las viviendas, la edificabilidad se ha concentrado en 4 bloques, con orientación Este-Oeste. Cada uno de estos bloques está formado, a su vez, por la unión de dos bloques lineales, separados entre sí por un patio longitudinal cubierto. De este modo, se garantiza que la radiación solar directa no pueda penetrar al interior de las viviendas, evitando que se calienten por efecto invernadero.

Cada bloque dispone de dos núcleos de comunicación vertical, y el acceso a las diferentes viviendas se realiza a través de galerías perimetrales, alrededor del patio central cubierto.

Los bloques tienen una estructura arquitectónica muy sencilla, con el fin de reducir al máximo los costes, y sacar el máximo rendimiento al proceso de prefabricación de sus componentes. A pesar de esta pretendida sencillez, no hay dos viviendas iguales en todo el complejo, ya que todas las fachadas son distintas entre sí, y por lo tanto, todas las viviendas tienen balcones diferentes. Para acentuar esta diferencia, y proporcionar cierta complejidad al conjunto, los balcones se han pintado con colores diferentes.

Los bloques están perforados por varios sitios de la fachada, a modo de patios cubiertos a diferentes alturas, que proporcionan transparencia al conjunto. Además, estos patios generan un conjunto de microclimas frescos en el edificio, y potencian las relaciones vecinales y de convivencia (sky courts). El interior de los bloques genera y mantiene una gran bolsa de aire fresco, que recorre de forma continua todas las viviendas, refrescándolas a su paso.

El complejo residencial tiene 4 tipos de zonas verdes, ubicadas en lugares diferentes: El espacio exterior de los bloques, los patios interiores de los bloques, los patios perimetrales entre las viviendas, y las cubiertas de los bloques. En total, la superficie de zonas verdes duplica a la superficie del solar.

Las viviendas son flexibles, y permiten diferentes estructuras arquitectónicas, para satisfacer las necesidades particulares de cada posible ocupante.

### **Objetivos más importantes a la hora de implementar los criterios de diseño**

- Proyectar un sistema constructivo en el que todos los componentes arquitectónicos pueden ser extraíbles, reparables y reutilizables.
- Proyectar una estructura desmontable, a base de elementos de hormigón armado aligerado. Estos elementos se hacen en fábrica, son fácilmente transportables (sin necesidad de transporte especial), y se ensamblan en obra con suma facilidad, a pesar de su elevado peso.
- Lograr un perfecto equilibrio entre la necesidad de dotar al edificio de una gran masa térmica, y el deseo de poder recuperar y reutilizar todos y cada uno de sus componentes. Por ello, se ha elegido un sistema estructural a base de placas de hormigón armado aligerado, de gran tamaño. Estas placas se ensamblan entre si mediante tornillos y puntos de soldadura en elementos metálicos empotrados y maclados en la masa de hormigón de cada elemento arquitectónico.
- Proponer una tipología de vivienda económica, de alto nivel ecológico, y alto nivel bioclimático, a precio de mercado.
- Proponer tipologías de vivienda flexible, que puedan reconfigurarse, y adaptarse continuamente a las necesidades de sus ocupantes.
- Hacer una propuesta de bloque de viviendas bioclimático para climas tropicales, con alta capacidad de refrescarse por sí mismo –debido tan solo a su diseño arquitectónico–, sin necesidad de sistemas mecánicos de acondicionamiento.
- Disponer las zonas verdes en diferentes lugares de los bloques de viviendas (en el patio interior, en patios a diferentes alturas, y en las cubiertas ajardinadas).

- Disponer los parqueaderos integrados en el edificio, de tal modo que pasen desapercibidos los automóviles en el complejo.
- Dotar al complejo de un elevado nivel de seguridad.
- Realizar un complejo residencial saludable, con iluminación y ventilación natural.
- Utilizar únicamente materiales ecológicos y saludables (los materiales utilizados están libres de cualquier tipo de emisiones).
- Construir edificios con ciclo de vida infinito.

### **Estrategias sostenibles utilizadas en el diseño del edificio**

#### **Estrategias bioclimáticas**

La orientación adecuada de los 4 bloques en sentido norte – sur permite aprovechar de forma natural las brisas de la ciudad.



Ilustración 21. Planta conjunto y emplazamiento Residencial SAYAB. Fuente: [scalealuminio.altervista.org](http://scalealuminio.altervista.org)

El sistema de ventilación propuesto permite que el aire a temperatura ambiente entre al bloque, a través de galerías subterráneas y ascienda, refrescando su interior y sustituya al aire caliente expulsándolo hacia arriba, generando una corriente constante de aire por diferencia de presiones al total del mismo (ventilación provocada por diseño y no por medios mecánicos).



Los vanos dispuestos en los espacios generan de forma espontánea una corriente de aire natural al interior de los apartamentos (ventilación natural), tal y como se explica en los siguientes diagramas:

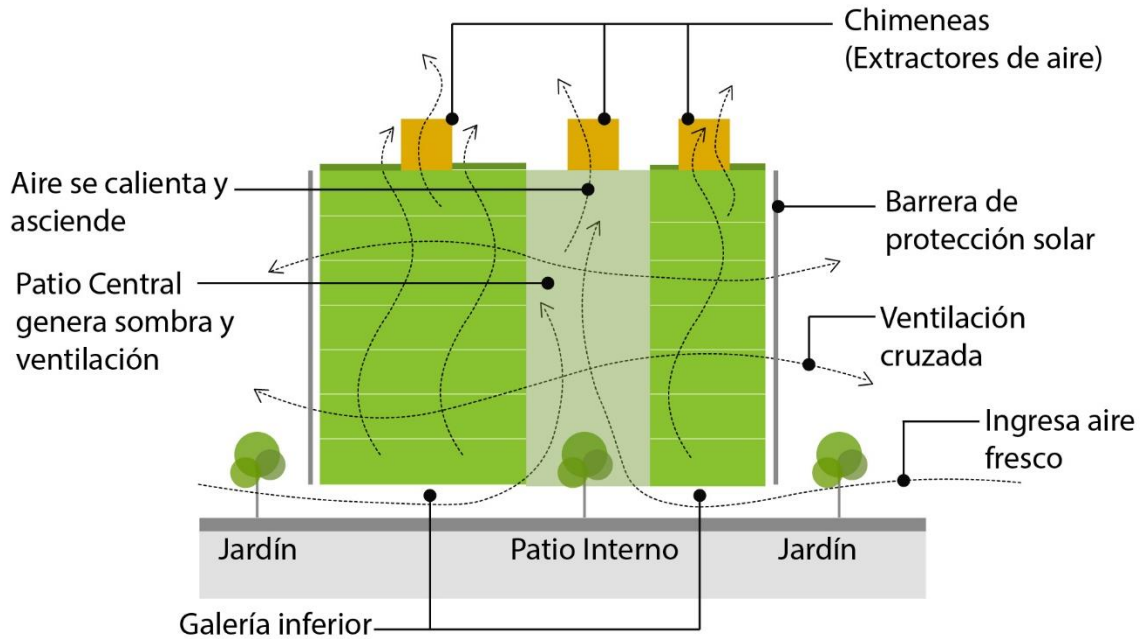


Figura 31. Diagrama conceptual de las estrategias Bioclimáticas implementadas en el edificio.  
Fuente: Elaboración propia

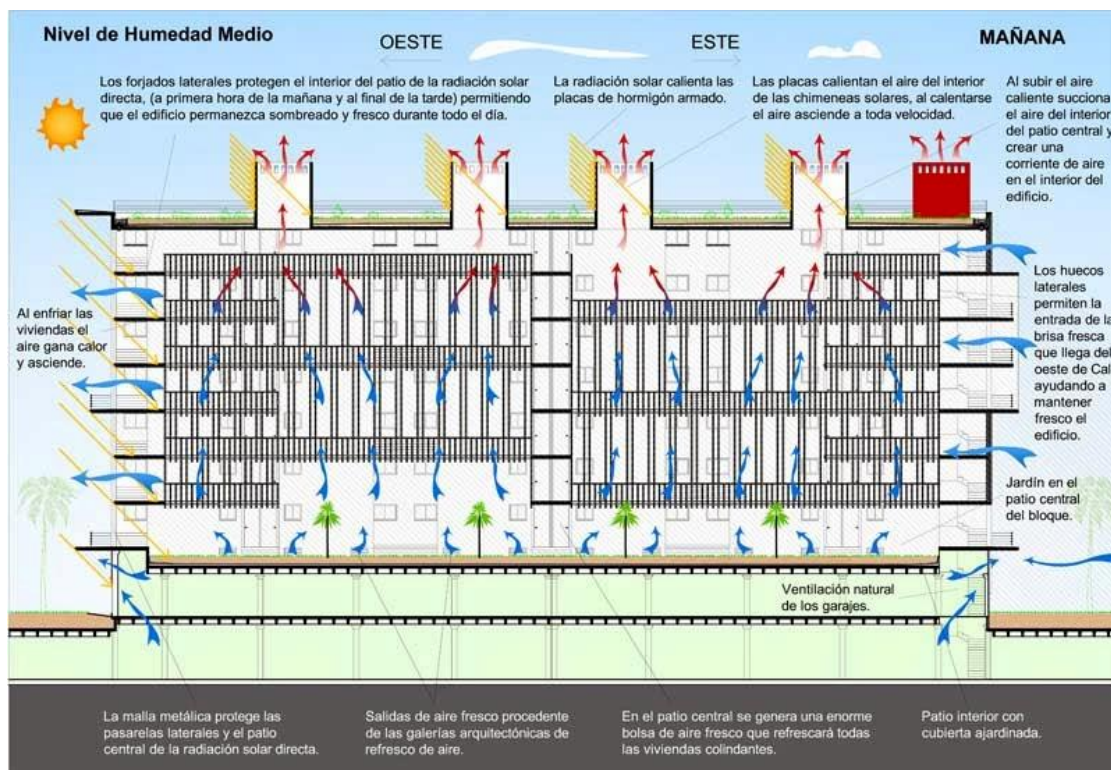


Ilustración 22. Estrategias climáticas utilizadas en SAYAB. Fuente: architecturelist.com

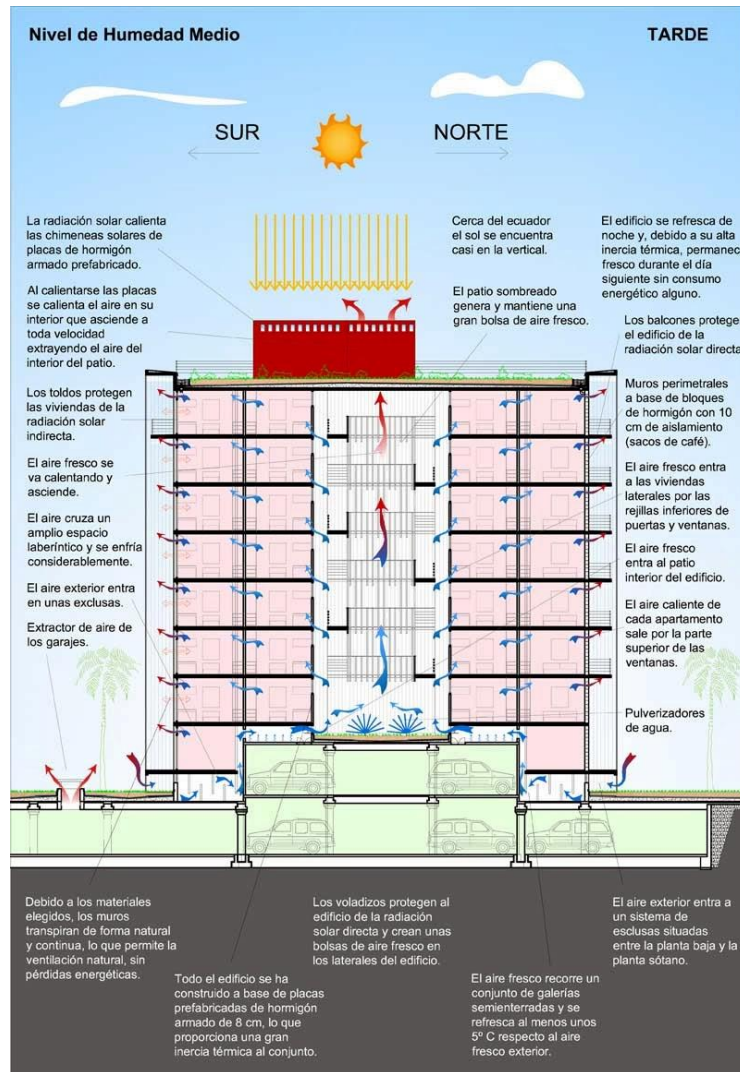


Ilustración 23. Estrategias climáticas utilizadas en SAYAB. . Fuente: architecturelist.com

### Optimización de recursos

**Recursos Naturales:** Se aprovechan al máximo recursos tales como el sol, la brisa, la tierra (para refrescar el edificio), el agua de lluvia (almacenada en depósitos subterráneos y utilizada para el riego de los jardines) .... Por otro lado, se han instalado dispositivos economizadores de agua en los grifos, duchas y cisternas de los inodoros.

**Recursos fabricados:** Los materiales empleados se aprovechan al máximo, disminuyendo posibles residuos, mediante un correcto proyecto, una gestión eficaz, y sobre todo, porque cada componente del edificio se ha construido de forma individual en fábrica.

Recursos recuperados, reutilizados y reciclados:

Todos los materiales del edificio pueden ser recuperables, incluidos todos los elementos de la estructura. De este modo, se pueden reparar fácilmente, y volverse a utilizar en el mismo edificio, o en cualquier otro. Por otro lado, se ha potenciado la utilización de materiales reciclados y reciclables.

### **Ahorro energético**

El conjunto cuenta con lámparas de bajo consumo, balastro electrónico, tipo bombilla compacta. En el área de sótano, donde se encuentra gran parte de los parqueaderos, se utilizan detectores de presencia y temporizadores para el control de la iluminación y evitar un consumo innecesario durante las 24 horas del día. La proporción de los elementos de iluminación depende de la incidencia del espectro solar del sitio; las texturas y el color de las superficies permiten que los reflejos puedan ser aprovechados y controlan la calidad lumínica que requiere cada espacio. Lo que contribuye a un ahorro de consumo energético durante el día. Asimismo, se utilizan paneles solares para la iluminación del salón social.

### **Ahorro del agua**

Los sanitarios tienen tanque ahorrador de agua, con descarga dual para líquidos y sólidos, y griferías de bajo consumo de agua. Los techos verdes, junto con un sistema de recolección y almacenamiento de aguas lluvias, permiten la utilización de estas aguas para el riego de zonas verdes, con la ayuda de un pozo artesiano, lo cual representa un ahorro en el consumo de agua utilizado para el funcionamiento del edificio.

### **Empleo de materiales sanos**

En la construcción se emplearon materiales libres de PVC, aluminio, pinturas plásticas, plomo, barnices, moquetas, esmaltes, PCB, fibra de vidrio, lana de roca, poliuretano y cobre. En su lugar se han empleado otros como polipropileno, polietileno, pinturas libres de materiales tóxicos, madera al natural, granito, guadua, fique, concreto. De igual forma, se implementó un sistema novedoso de impermeabilización que garantiza 20 años de durabilidad.

### **Programa integrado de manejo de residuos**

Los residentes forman parte de una campaña de concientización para separar en la fuente de los residuos sólidos y cuentan con capacitaciones para hacer un adecuado manejo y aprovechamiento de estos residuos en el conjunto.

### **Aislamiento térmico**

Los cuatro bloques están dispuestos con una orientación que les permite un aislamiento térmico eficiente. Los muros que tienen mayor incidencia solar son dobles, con aislamiento térmico, costal de fique, entre el panel de concreto interior y el muro en superboard exterior.



### **Utilización de zonas verdes**

En los jardines que rodean la edificación se han plantado especies autóctonas, vegetación de bosque semiperenne y hierbas resistentes a la sequía. En el interior de los bloques también hay espacios verdes y jardines que proporcionan frescura. En los techos se han construido cubiertas especiales con varias capas que permiten la impermeabilización, la filtración y captación de aguas lluvias, y la siembra de especies de plantas adecuadas para el lugar (techos verdes).

### **Cubierta ajardinada de uso para interacción social**

La cubierta ajardinada dispone un espesor medio de 25 cm. de tierra el cual funciona como un potente programa de abastecimiento de recursos luminosos y de aguas lluvias. Además, son azoteas totalmente habitables, son espacios públicos que integran elementos de mobiliario como bancas y luminarias especiales para su uso adecuado. La vegetación decora y diseña caminos de recorridos en su ambientación.

### **1.9.3 Edificios Bosco Verticale**

Arquitectos: Boeri Studio

Ubicación: Milán, Italia

Equipo de arquitectos a cargo: Stefano Boeri, Gianandrea Barreca, Giovanni La Varra

Año Proyecto: 2009- 2014

Paisaje: Land s.r.l.

Área: 40 000 m<sup>2</sup>

El primer ejemplo de un "bosque vertical" (il Bosco Verticale) fue inaugurado en octubre de 2014 en Milán, en la zona de Porta Nuova Isola, como parte de un proyecto de renovación más amplio dirigido por Hines en Italia. El Bosque Vertical de Milán consta de dos torres de 80 y 112 metros, albergando 480 árboles grandes y medianos, 300 árboles pequeños, 11.000 plantas perennes y 5.000 arbustos. El equivalente - sobre una superficie urbana de 1.500 m<sup>2</sup> - es de 20.000 m<sup>2</sup> de bosques y vegetación.

El Bosque Vertical es un concepto arquitectónico que sustituye los materiales tradicionales en las superficies urbanas utilizando la policromía cambiante de las hojas de sus paredes. El arquitecto biológico se basa en una pantalla de vegetación, la necesidad de crear un microclima y un filtro solar adecuado, y rechazar el estrecho enfoque tecnológico y mecánico con la sostenibilidad ambiental.



Ilustración 24. Edificios Bosco Verticale. Fuente: Lucchese Eleonora. CTBULT

El bosque vertical es un modelo para un edificio residencial sostenible, un proyecto de reforestación metropolitana que contribuye a la regeneración del medio ambiente y la biodiversidad urbana sin la implicación de expandir la ciudad sobre el territorio.

Es un modelo de densificación vertical de la naturaleza dentro de la ciudad que opera en relación con las políticas de reforestación y naturalización de las grandes fronteras urbanas y metropolitanas.

En terrenos planos, cada Bosque Vertical equivale, en cantidad de árboles, a un área de 20,000 metros cuadrados de bosque. En términos de densificación urbana, es el equivalente de un área de una vivienda unifamiliar de casi 75,000 m<sup>2</sup>. El sistema vegetal del Bosque Vertical contribuye a la construcción de un microclima, produce humedad, absorbe CO<sub>2</sub> y partículas de polvo y produce oxígeno.

### **Conceptos de diseño implementados en los edificios Bosco Verticale**

*(Descripción de cada concepto, según el equipo de arquitectos que desarrollo el proyecto).*

#### **Hábitats biológicos**

El bosque vertical aumenta la biodiversidad. Ayuda a establecer un ecosistema urbano donde un tipo diferente de vegetación crea un ambiente vertical que también puede ser colonizado por pájaros e insectos, y por lo tanto se convierte en un imán y un símbolo de la recolonización espontánea de la ciudad por la vegetación y por la vida animal.

La creación de varios Bosques Verticales en la ciudad puede establecer una red de corredores ambientales que darán vida a los principales parques de la ciudad, reuniendo el

espacio verde de avenidas y jardines e intercalando varios espacios de crecimiento espontáneo de la vegetación.

### Mitigaciones

El bosque vertical ayuda a construir un microclima y a filtrar las partículas de polvo que están presentes en el entorno urbano. La diversidad de las plantas ayuda a crear humedad y absorbe CO<sub>2</sub> y polvo, produce oxígeno, protege a las personas y las casas de los dañinos rayos del sol y de la contaminación acústica

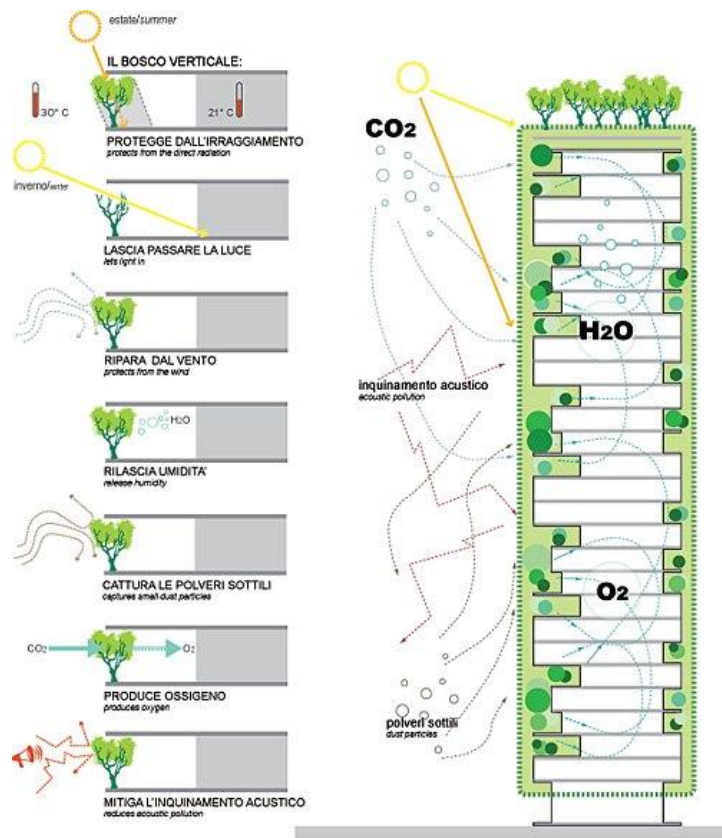


Ilustración 25. Protección, Mitigación y Creación de Microclimas. Fuente: [www.Plataforma arquitectura](http://www.Plataforma arquitectura)

### Anti expansión

El bosque vertical es una medida antidisturbios que tiene como objetivo controlar y reducir la expansión urbana. Si pensamos en ellos en términos de densificación urbana, cada torre del Bosque Vertical es equivalente a un área de expansión urbana de casas familiares y edificios de hasta 50,000 metros cuadrados.

Los árboles son un elemento clave para comprender los proyectos arquitectónicos y los sistemas de jardines. En este caso, la elección de los tipos de árboles se hizo para adaptarse a su posición en las fachadas y por altura, y tardó dos años para finalizar, junto con un grupo de botánicos. Las plantas utilizadas en este proyecto se cultivarán específicamente para este fin y se cultivarán previamente. Durante este período, estas plantas pueden acostumbrarse lentamente a las condiciones que encontrarán en el edificio

### Carteles de Ecología / fachadas cambiantes

Los edificios funcionan como un punto de referencia en la ciudad que es capaz de representar nuevos tipos de paisajes variables que cambian su aspecto a lo largo de las estaciones, dependiendo de los tipos de plantas involucradas. Los bosques verticales ofrecerán una vista cambiante de la ciudad metropolitana a continuación.

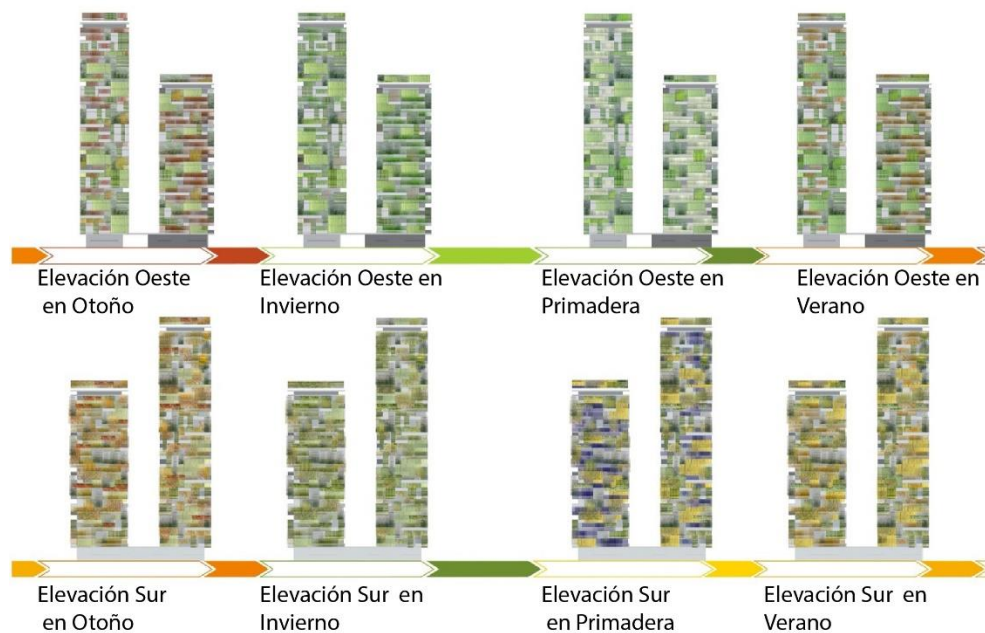


Ilustración 26. Tamizaje en fachadas logradas con la vegetación según la estación. Fuente: [www.plataformaarquitectura](http://www.plataformaarquitectura.cl)

### Administración.

El manejo de las macetas está bajo la regulación de la construcción, así como el mantenimiento de la vegetación y el número de plantas para cada maceta.

## Irrigación.

Después de los estudios micro-meteorológicos, el cálculo de las necesidades de riego se llevó a cabo mediante el examen de las características climáticas y se diversificó en función de la exposición de cada fachada y la distribución de la vegetación en cada piso.

El riego de los árboles se realiza mediante un sistema de riego por goteo de mantenimiento centralizado. El agua que usa no es potable, sino que es recuperada de las aguas grises producidas por el edificio o de la falda acuífera. Esta, una vez acumulada en una cisterna, fluye a través de una red de conductos de riego a la vista que presentan una bajísima resistencia a las bajas temperaturas y bloquean automáticamente el régimen hídrico en el caso de que haya menos de cero grados; este control es completado por una serie de sondas a monitorización remota que también pueden identificar eventuales averías.

El suministro de agua a cada planta está garantizado por un dispositivo de control compuesto por una válvula de escape, un regulador de la presión y una unidad filtrante. El riego, accionado eléctricamente, también tiene en cuenta las necesidades reales de la vegetación: cada válvula es independiente de las otras, de manera que garantiza el flujo ideal del agua. En este punto, una válvula automática de aire y un ala de goteo permiten el riego del sustrato de cultivo de cada planta



Ilustración 27. Sistema de riego del Bosco Vertical. Fuente: [www.plataformaarquitectura](http://www.plataformaarquitectura)



### 1.9.4 Síntesis y conclusión de estudios de Casos

De los estudios de caso mostrados podemos concluir que los tres proyectos buscan adaptarse desde un punto de vista climático al contexto local, y aunque comparten aspectos o conceptos bioclimáticos y de sostenibilidad, los mismos pueden ser abordados de diferentes maneras, obteniendo resultados a nivel de función, forma y configuración totalmente distintos.

En el proyecto Torre Mesiniaga, podemos catalogarlo como un proyecto más de índole bioclimático, pero no necesariamente sostenible, ya que su diseño se basa en la reducción de consumo energético, adaptándose a las condiciones climáticas del lugar o procurando un bajo impacto ambiental, mientras que en el proyecto Residencia SAYAB y el Bosque Vertical además de incorporar sistemas pasivos, como lo hace la Torre Mesiniaga, también contempla sistemas activos, como la utilización sistemas alternativos de energía, reducción y reutilización de recursos como el agua, eficiencia en sistemas mecánicos y equipos y selección de materiales bajos en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Además de que estos proyectos promueven la interacción social, la reforestación de vegetación autóctona y manejo de residuos durante su operación.

A nivel de cuadro comparativo, se presenta el siguiente resumen de criterios destacados utilizados en cada proyecto:

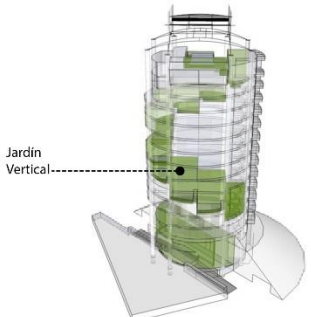
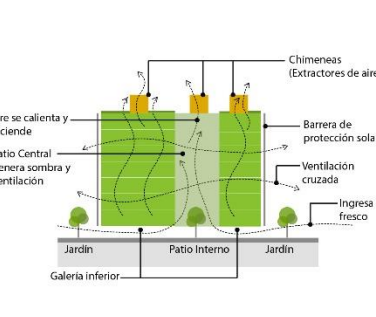
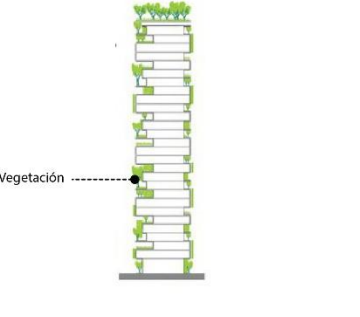
 <p>TORRE MENARA MESINIAGA</p>	 <p>COMPLEJO RESIDENCIAL SAYAB</p>	 <p>EDIFICIOS BOSQUE VERTICALE</p>
Edificio Bioclimático	Edificio Sostenible / Incorpora tema social	Edificio Sostenible / Microclimas y filtro solar
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Manejo de la vegetación y respuesta al clima local</li> <li>→ Reducción del costo de mantenimiento a largo plazo</li> <li>→ Implementación de estrategias pasivas como: iluminación y ventilación natural Utilización de parasoles, aleros y pantallas Protección de incidencia solar por medio de jardines verticales</li> <li>→ Utilización de terrazas como barrera a la incidencia solar</li> <li>→ ventilación cruzada</li> <li>→ Frena las ganancias térmicas</li> <li>→ Confort visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Fomenta las relaciones sociales</li> <li>→ Vivienda económica, alto nivel bioclimático a precio de mercado</li> <li>→ Utilización de estrategias pasivas: iluminación y ventilación natural</li> <li>→ Sistemas de ahorro energético y de agua</li> <li>→ Cubierta ajardinada de uso de interacción social</li> <li>→ Utilización de vegetación autóctona</li> <li>→ Estructura desmontable, fácilmente transportable</li> <li>→ Programa de manejo de residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Proyecto fomenta la reforestación y creación de microclimas y habitats</li> <li>→ Aumenta la biodiversidad</li> <li>→ Funciona como una pantalla de vegetación verde creando un filtro solar</li> <li>→ Crea humedad, absorbe las partículas de polvo que están en el entorno urbano y absorbe CO<sub>2</sub></li> <li>→ Mitiga la incidencia solar y la contaminación acústica</li> <li>→ Sistemas de ahorro energético y de agua</li> <li>→ Utilización de vegetación autóctona</li> </ul>

Figura 32. Síntesis estudios de casos. Fuente: Elaboración propia

## FASE II. FORMULACIÓN Y DIAGNÓSTICO

### 2. Descripción del proyecto

Para el estudio de caso se selecciona a un edificio nacional en altura de índole residencial en condominio vertical, dicho edificio cuenta con 16 niveles y 42.65 m de altura en su punto más alto y un área de construcción total de 15,911.28 m<sup>2</sup>. A nivel de programa arquitectónico el edificio está compuesto por 100 fincas filiales o apartamentos, con apartamentos de 1 habitación, 2 habitaciones, 3 habitaciones y en la torre del edificio 4 penthouse, además de áreas de soporte, servicio, parqueos y recreación.

#### 2.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en San José, Costa Rica, en un contexto urbano, dentro del Gran Área Metropolitana, específicamente en la Uruca, 300 m este y 50 m Norte del Hotel San José Palacio.



Ilustración 28. Mapa ubicación Edificio Vistas del Robledal. Fuente: Elaboración propia / referencia googlemaps.com

## 2.2 Ficha técnica del proyecto

**Proyecto:** Condominio Vistas del Robledal

**Diseño:** Empresa Arquitectura y Diseño

**Socios:** Arq. José Luis Salinas Ollé (fundador)

Arq. Silvia Contreras Echandi

Arq. Manuel Trejos Alfaro

Arq. Ricardo Molina Quirós

Arq. Jorge Montenegro Mata

### Descripción general:

Edificio con 16 niveles con apartamentos de:

- 1 Dormitorio
- 2 Dormitorios
- 3 Dormitorios
- Penthouse

### Áreas sociales:

- 161 Parqueos en primer nivel y en sótano
- Gimnasio equipado
- Salón multiusos con B.B.Q.
- Sun deck
- Áreas verdes, juegos infantiles



Ilustración 29. Fotografía Edificio Vistas del Robledal.  
Fuente: Grupo Inmobiliario El Parque

## 2.3 Zonificación y emplazamiento

Como se mencionó anteriormente, el residencial cuenta con un área total de 15,911.28 m<sup>2</sup> que contempla el edificio, parqueos, cuartos de máquinas, áreas de recreación como el gimnasio y piscina, jardines y áreas de soporte.

Con el fin de entender a nivel global el proyecto, se realiza los siguientes diagramas a nivel de planta de conjunto y corte de la planta de conjunto, para determinar las áreas y ubicación de las diferentes zonas del proyecto, así como su escala y proporción.



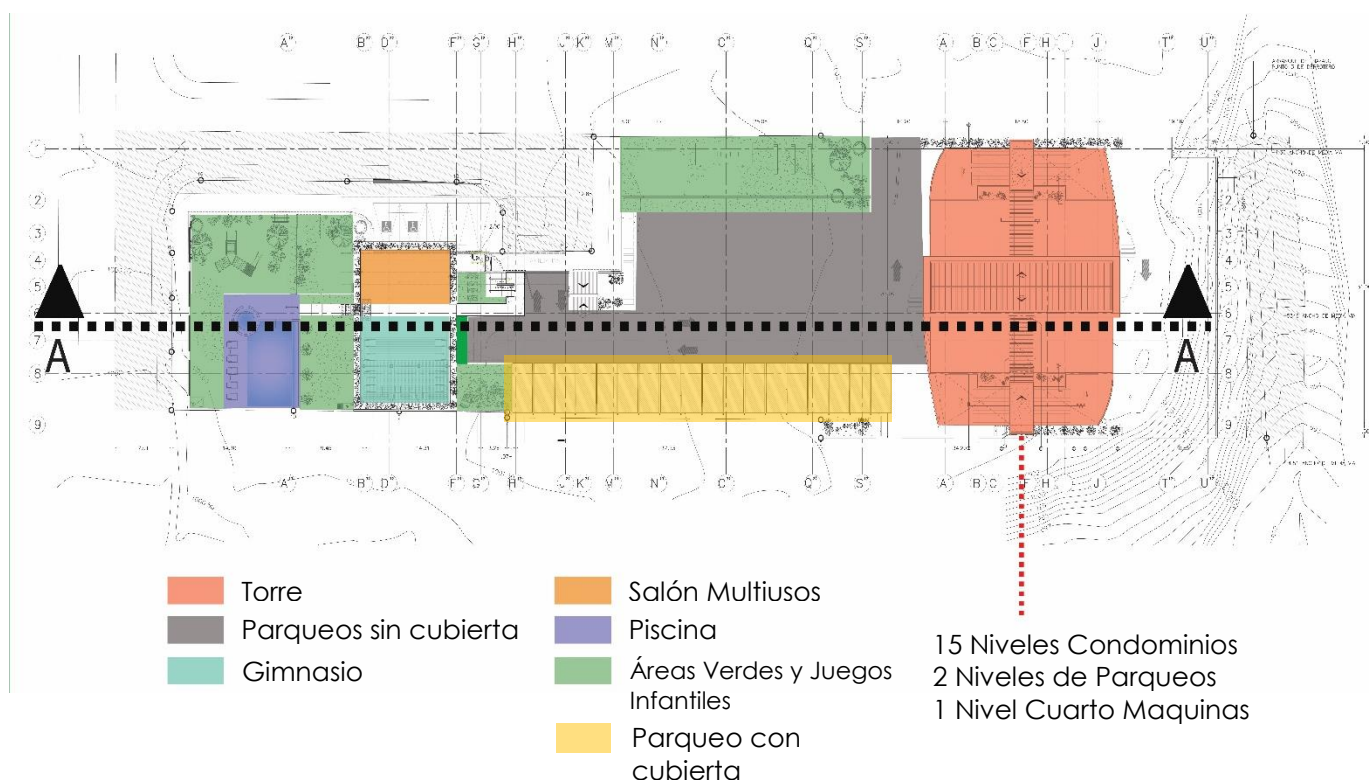


Ilustración 30. Diagrama Planta de Conjunto Condominio Vistas del Robledal. Fuente: Elaboración propia

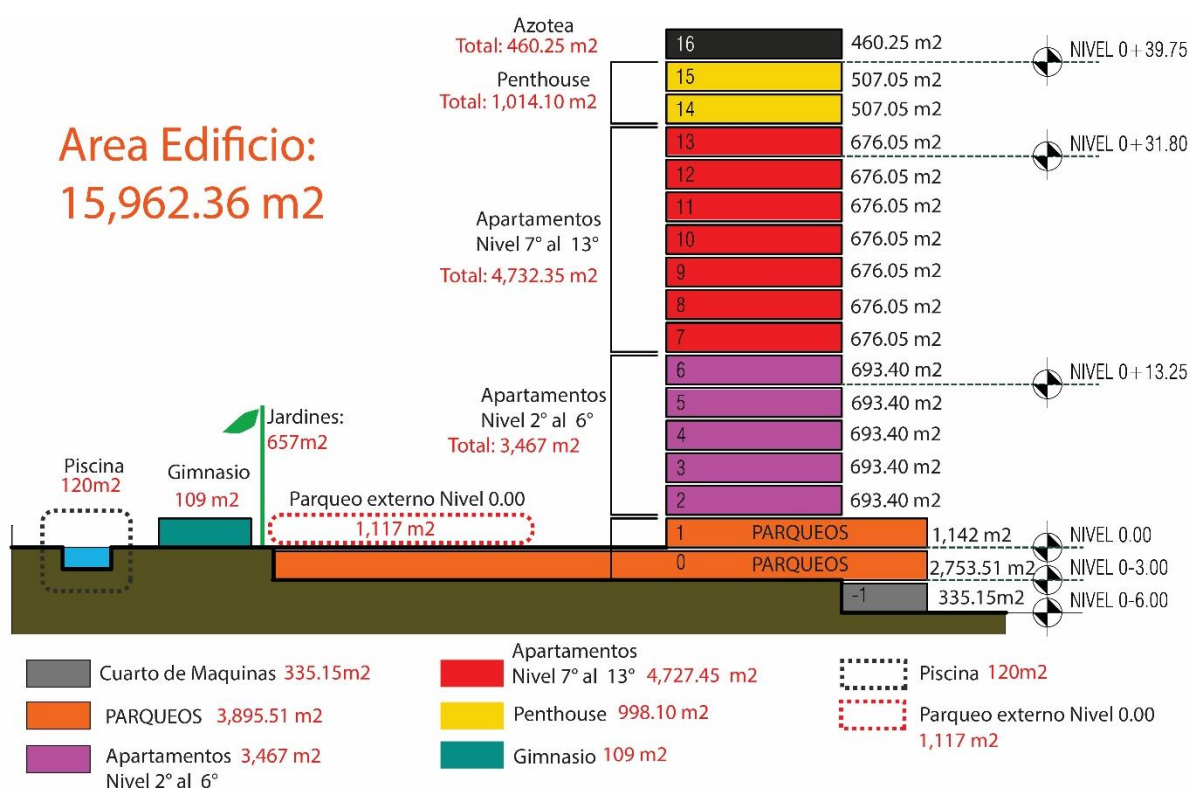


Ilustración 31. Sección A-A del conjunto Vistas del Robledal. Fuente: Elaboración propia

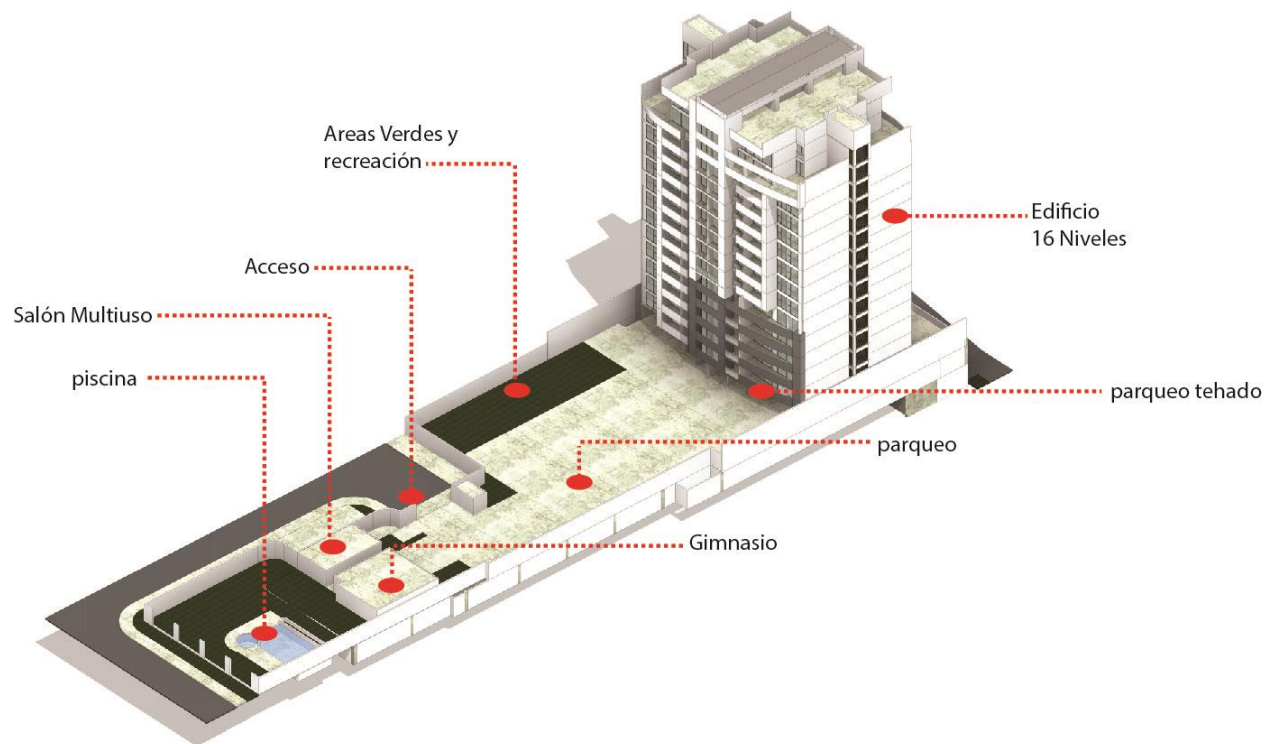


Ilustración 32. Isométrico Conjunto del Condominio Residencial Vistas del Robledal. Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Desglose de áreas del proyecto

A continuación, se realiza un desglose de áreas del proyecto, para tomar de referencia para el posterior análisis del edificio, en temas como el costo constructivo vs recuperación de inversión por concepto de venta de los apartamentos, análisis de consumo energético y de agua según el número de ocupantes y demanda energética por apartamento, además de porcentaje de áreas destinadas a usos comunes, recreación, sistemas de emergencia y sistemas electromecánicos.

A nivel general se da una comprensión de la composición a nivel de programa arquitectónico del edificio, siendo este un edificio modular, mayormente estructurado con plantas repetitivas en promedio cada 5 niveles.

Como veremos en las tablas, el edificio posee un nivel para el sistema electromecánico, 2 niveles de parqueos y plantas arquitectónicas repetitivas divididas en paquetes o grupos, del nivel 2 al nivel 6, cambiando la configuración del nivel 7 al nivel 13, y en el nivel 14 y 15 se remata el edificio con los penthouse.

Dichas desglose de áreas se describen a continuación en las siguientes tablas:

#### **a. Nivel 2° al nivel 6°**

Área total por nivel: 693.40 m2

Total de niveles: 5 niveles

Área total del nivel 2° al nivel 6°: 3,467 m2

Tabla 4. Desglose de áreas del nivel 2° al nivel 6°. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

Apartamentos Nivel 2° al 6°							
N° Tipo de Apartamento	Cantidad de Habitaciones	Area por Apartamento m2	Cantidad de Apartamentos por Tipo	Area por Tipo de Apartamento m2	Area por Nivel	Cantidad de Niveles	Area Total en m2 de los Apartamentos ubicados del Nivel 2° al 6°
1	1	60	4	240	619,3	5	3096,5
2	2	86,65	1	86,65			
3	2	95	1	95			
4	2	86,65	1	86,65			
5	3	111	1	111			

Tabla 5. Desglose de áreas comunes del nivel 2° al 6°. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

AREAS COMUNES NIVEL DEL 2° AL 6°				
Areas / Aposento	Area m2	Total Area comun en m2 por nivel	Cantidad de Niveles	Costo Total
Ascensores	10,25	74,1	5	370,5
Escaleras	10,25			
Escaleras Emergencia	18,45			
Circulacion	35,15			

#### **b. Nivel 7° al nivel 13°**

Área total por nivel: 676.05m2

Total de niveles: 7 niveles

Área total del nivel 7° al nivel 13°: 4,732.35 m2

Tabla 6. Desglose de áreas comunes del nivel 7° al 13°. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y diseño, del Arq. José Salinas

Apartamentos Nivel 7° al 13°							
N° Apartamento	Tipo de	Cantidad de Habitaciones	Área por Apartamento m2	Cantidad de Apartamentos por Tipo	Área por Tipo de Apartamento m2	Área por Nivel	Área Total en m2 de los Apartamentos ubicados del Nivel 2° al 6°
1		1	60	4	240	601,95	4213,65
6		2	86,3	1	86,65		
7		2	86,3	1	86,65		
8		2	86,65	1	86,65		
9		3	102	1	102		

Tabla 7. Desglose de áreas comunes del nivel 7° al 13°. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

AREAS COMUNES NIVEL DEL 7 AL 13				
Áreas / Aposento	Área m2	Total Área común en m2 por nivel	Cantidad de Niveles	Costo Total
Ascensores	10,25	74,1	7	518,7
Escaleras	10,25			
Escaleras Emergencia	18,45			
Circulación	35,15			

### c. Penthouse

Área total: 1,014.10 m2

Tabla 8. Desglose de áreas del Penthouse. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

PENTHOUSE							
N° Apartamento	Tipo de	Cantidad de Habitaciones	Área por Apartamento m2	Área por Nivel	Cantidad de Niveles	AREA TOTAL DE LOS PENTHOUSE	
1		2	235	940	1	940	
2		2	235				
3		2	235				
4		2	235				

Tabla 9. Desglose de áreas comunes ligadas al Penthouse. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

PENTHOUSE		
Áreas	Área m2	Área Total áreas comunes
Ascensores	10,25	74,1
Escaleras	10,25	
Escaleras Emergencia	18,45	
Circulación	35,15	

#### d. Azotea

Área total: 460.25m2

Tabla 10. Desglose de áreas de la Azotea. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

AZOTEA		
AREA O APOSENTO	Características	Área en m2
1	AZOTEA	414,75

Tabla 11. Desglose de áreas de soporte de la Azotea. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

AREAS DE SOPORTE DE AZOTEA		
Áreas / Aposentos	Área m2	Área Total en m2 de áreas comunes
Cuarto Maquinas A.	16,8	45,5
Escaleras	10,25	
Escaleras Emergencia	18,45	

#### e. Nivel de acceso (parqueo y áreas comunes)

Área total: 3200 m2

Tabla 12. Desglose de áreas de parqueos y áreas comunes. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

NIVEL DE ACCESO ( PARQUEO Y AREAS COMUNES)		
Áreas / Aposentos	Área m2	Área Total áreas comunes en m2
PARQUEO bajo Techo *	838	3200
Parqueo con Cubierta	304	
Parqueo sin Cubierta	1117	
Gimnasio	109	
Salón Multiusos	55	
Área Piscina	120	
Áreas Verdes y recrea.	657	

**f. Sótano (parqueo subterráneo)**

Área total: 2753.51 m<sup>2</sup>

Tabla 13. Desglose de áreas de parqueos subterráneos. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

SOTANO ( PARQUEO SUBTERRANEO) NIVEL 0-3,00m		
Áreas / Aposentos	Área m <sup>2</sup>	Área Total áreas comunes en m <sup>2</sup>
PARQUEO	2646	2753,51
Escalera Emergencia	18,85	
Escalera	10,25	
Ascensores	10,25	
Bodegas	40,06	
Deposito Basura	18,5	
Caseta Vigilancia	9,6	

**g. Sótano (cuarto de máquinas)**

Área total: 335.15 m<sup>2</sup>

Tabla 14. Desglose de áreas de sótano (cuarto maquinas). Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

SOTANO ( CUARTO DE MAQUINAS) NIVEL 0-6,00m		
Áreas	Área m <sup>2</sup>	Área Total áreas comunes
Cuarto Maquinas A.	174	335,15
T.Sistema Incendio	46,25	
Tanque Capt. Resid.	114,9	

## 2.5 Resumen de áreas del proyecto

A continuación, se adjunta el resumen de las áreas del proyecto, la misma se detallada en la siguiente tabla:

**Área total del proyecto: 15,962.36m<sup>2</sup>**

Tabla 15. Resumen de áreas del proyecto. Fuente: calculo basado en los planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño, del Arq. José Salinas

TABLA RESUMEN DE AREAS DEL PROYECTO			
BLOQUE DE NIVEL	DESCRIPCIÓN	Area por Tipo de Area o Apartamento en m2	Area Total por Bloque en m2
NIVEL 16°	AZOTEA	460,25	460,25
NIVEL 14° Y 15°	PENTHOUSE	1.014,10	1.014,10
NIVEL 7° AL NIVEL 13°	APARTAMENTO TIPO 1	1.680,00	4.732,35
	APARTAMENTO TIPO 6	606,55	
	APARTAMENTO TIPO 7	606,55	
	APARTAMENTO TIPO 8	606,55	
	APARTAMENTO TIPO 9	714,00	
	CIRCULACION	518,70	
NIVEL 2° AL NIVEL 6°	APARTAMENTO TIPO 1	1.200,00	3.467,00
	APARTAMENTO TIPO 2	433,25	
	APARTAMENTO TIPO 3	475,00	
	APARTAMENTO TIPO 4	433,25	
	APARTAMENTO TIPO 5	555,00	
	CIRCULACION	370,50	
NIVEL DE ACCESO	PARQUEO BAJO TECHO*	838,00	3.200,00
	PARQUEO CON CUBIERTA	304,00	
	PARQUEO SIN CUBIERTA	1.117,00	
	GIMNASIO	109,00	
	SALON MULTIUSOS	55,00	
	AREA DE PISCINA	120,00	
	AREAS VERDES Y RECREACION	657,00	
NIVEL SOTANO 0-3,00 m	PARQUEO	2.646,00	2.753,51
	ESCALERA DE EMERGENCIA	18,85	
	ESCALERA	10,25	
	ASCENSORES	10,25	
	BODEGAS	40,06	
	DEPOSITO DE BASURAS	18,50	
	CASETA DE VIGILANCIA	9,60	
NIVEL SOTANO 0-6,00 m	CUARTO DE MAQUINAS A.	174,00	335,15
	T. SISTEMA INCENDIO	46,25	
	TANQUE CAPTANCION RESID	114,90	

**AREA TOTAL DEL PROYECTO 15.962,36**

## 2.6 Zonificación y plantas de distribución arquitectónica por nivel

### 2.6.1 Tipos de Apartamento por nivel

#### a. Nivel 2° al nivel 6°

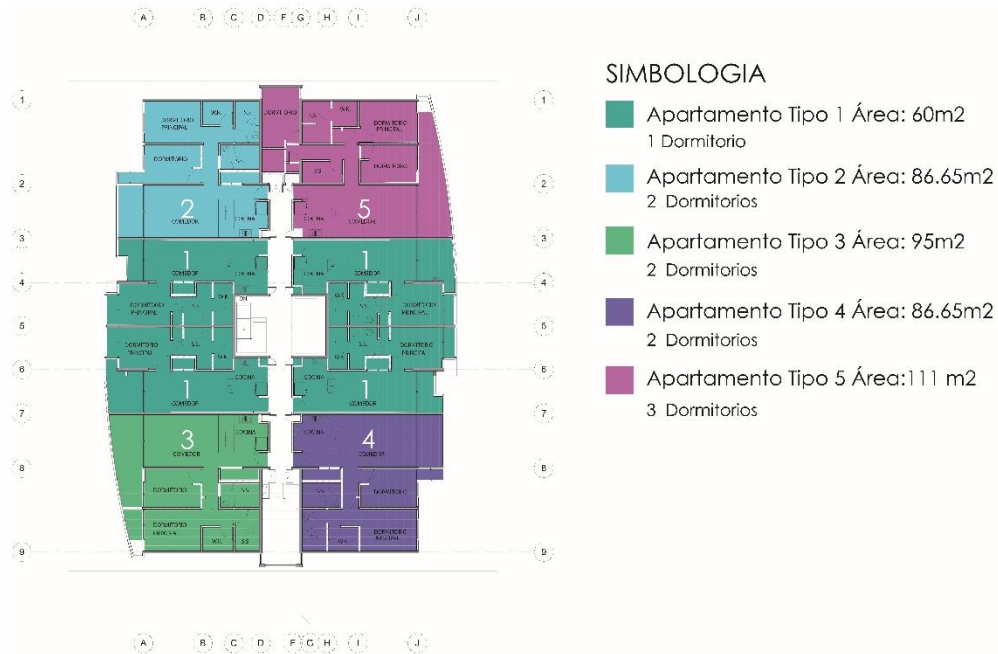


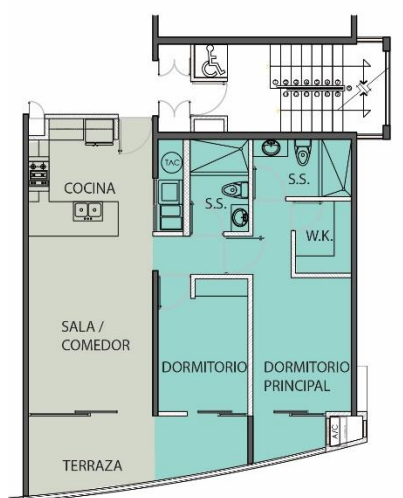
Ilustración 33. Zonificación por tipo de apartamento nivel 2° al nivel 6°. Fuente: Elaboración propia



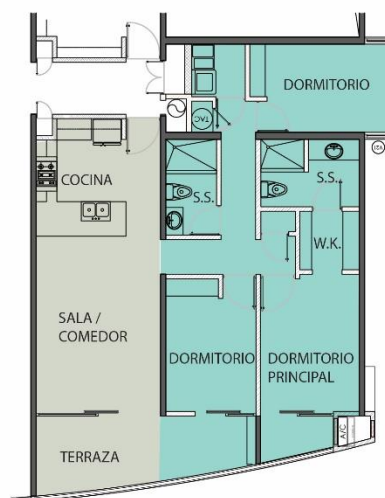
Ilustración 34. Detalle de plantas Apartamentos 1, 2 y 4 del Nivel 2° al Nivel 6°. Fuente: Elaboración propia



APARTAMENTO TIPO 3  
95 m<sup>2</sup>



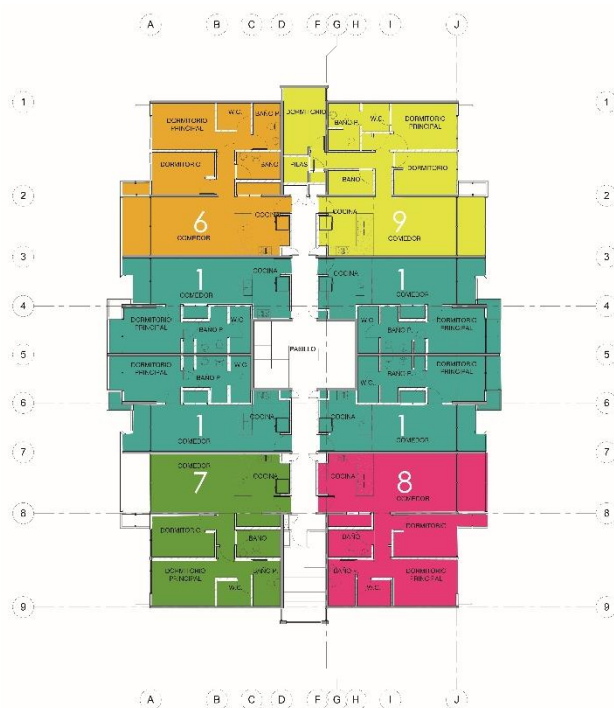
APARTAMENTO TIPO 5  
111 m<sup>2</sup>



ÁREA SOCIAL    ÁREA PRIVADA

Ilustración 35. Detalle de plantas Apartamentos 3 y 5 del Nivel 2° al Nivel 6°. Fuente: Elaboración propia

## b. nivel del 7° al 13



### SIMBOLOGIA

- Apartamento Tipo 1 Área: 60 m<sup>2</sup>  
1 Dormitorio
- Apartamento Tipo 6 Área: 86.65 m<sup>2</sup>  
2 Dormitorios
- Apartamento Tipo 7 Área: 86.65 m<sup>2</sup>  
2 Dormitorios
- Apartamento Tipo 8 Área: 86.65 m<sup>2</sup>  
2 Dormitorios
- Apartamento Tipo 9 Área: 102 m<sup>2</sup>  
3 Dormitorios

Ilustración 36. Zonificación por tipo de apartamento nivel 7° al nivel 13°. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 37. Detalle de plantas Apartamentos 1,6,7,8 y 9 del Nivel 7° al Nivel 13°. Fuente: Elaboración propia

### c. Penthouse (1° Nivel)



Ilustración 38. Zonificación 1° Nivel Penthouse. Fuente: Elaboración propia

## PLANTA TÍPICA PENTHOUSE 1º NIVEL



Ilustración 39. Detalle planta típica de Penthouse 1º Nivel. Fuente: Elaboración propia

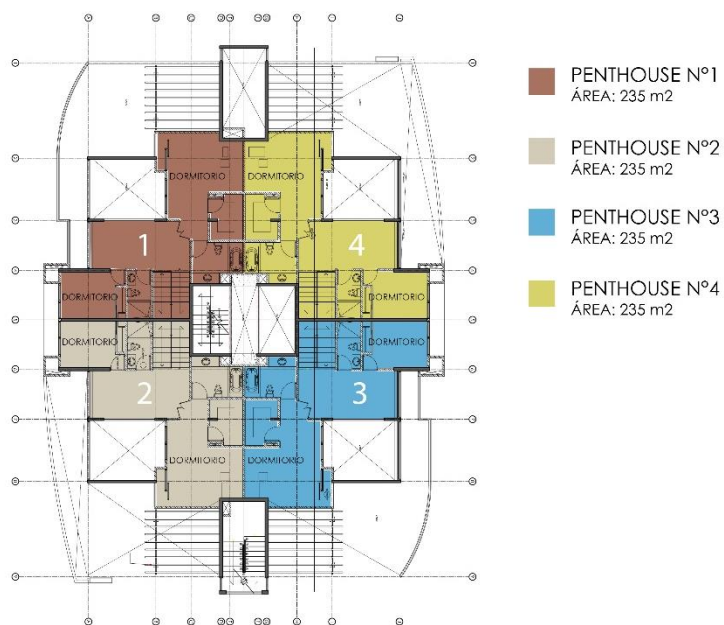
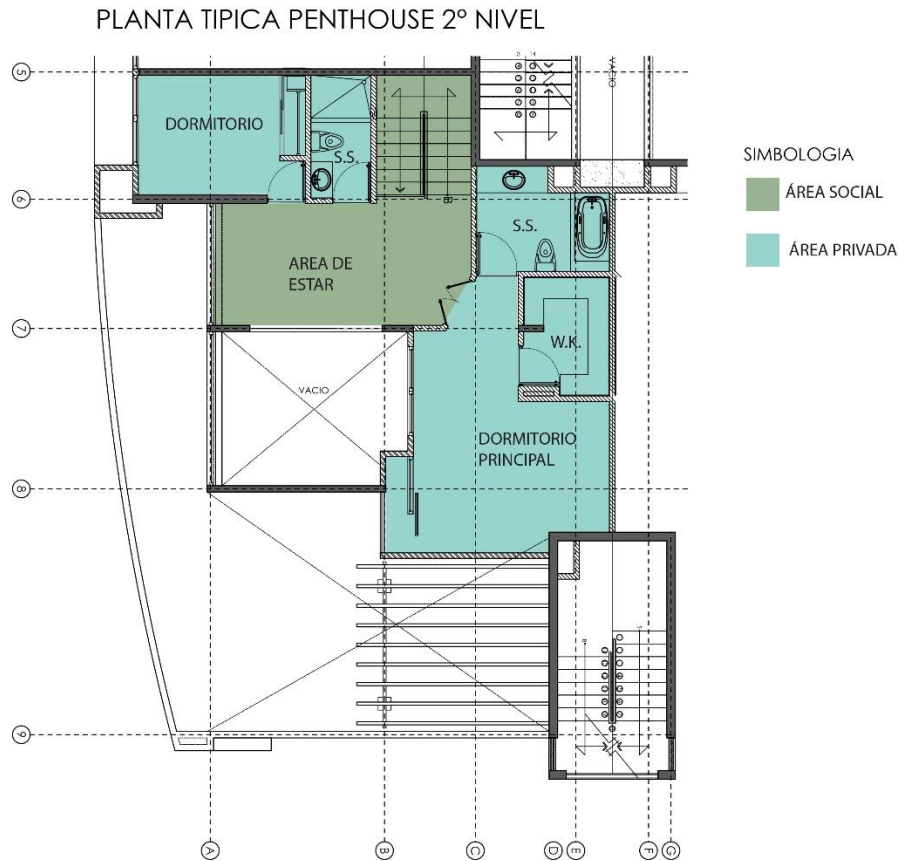
**Penthouse (2º nivel)**

Ilustración 40. Zonificación 2º Nivel Penthouse. Fuente: Elaboración propia



## 1.7 Ubicación en planta de elementos estructurales y sistemas electromecánicos

A continuación, a modo de descripción se analizan las plantas de distribución del edificio en cada nivel, con el fin de identificar los elementos estructurales, electromecánicos, ductos, áreas de soporte y circulación, con el fin de determinar el cumplimiento en términos estructurales y normativos.

**a. Nivel Sótano 0-6.00m (Cuarto de Máquinas)**

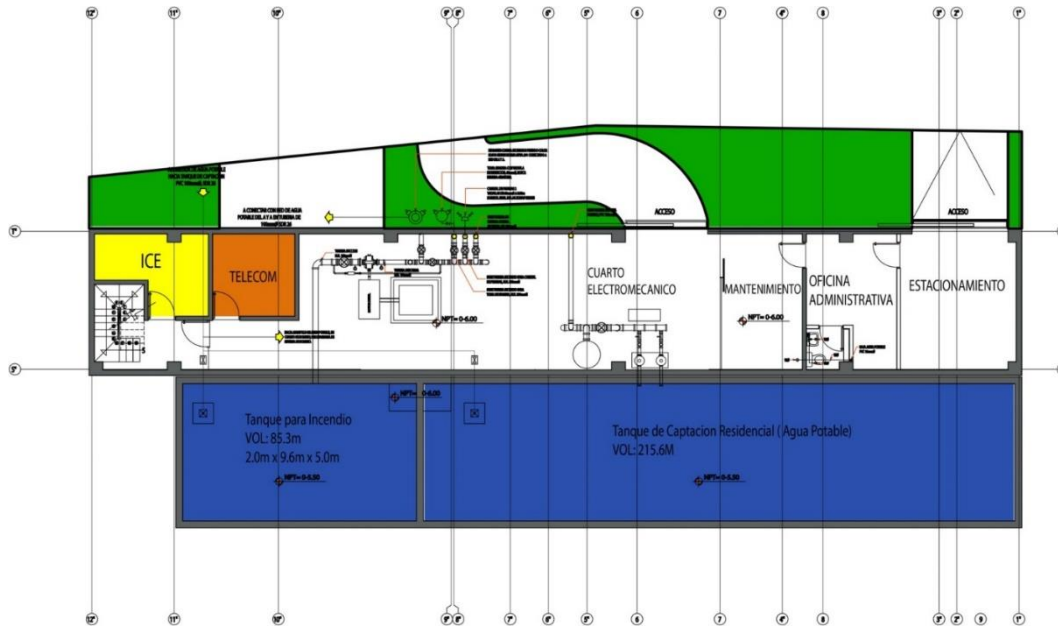


Ilustración 42. .Planta Nivel 0.00 -6.00 m Cuarto de máquinas y soporte Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

**b. Nivel 0.00 (nivel de acceso y parqueos)**

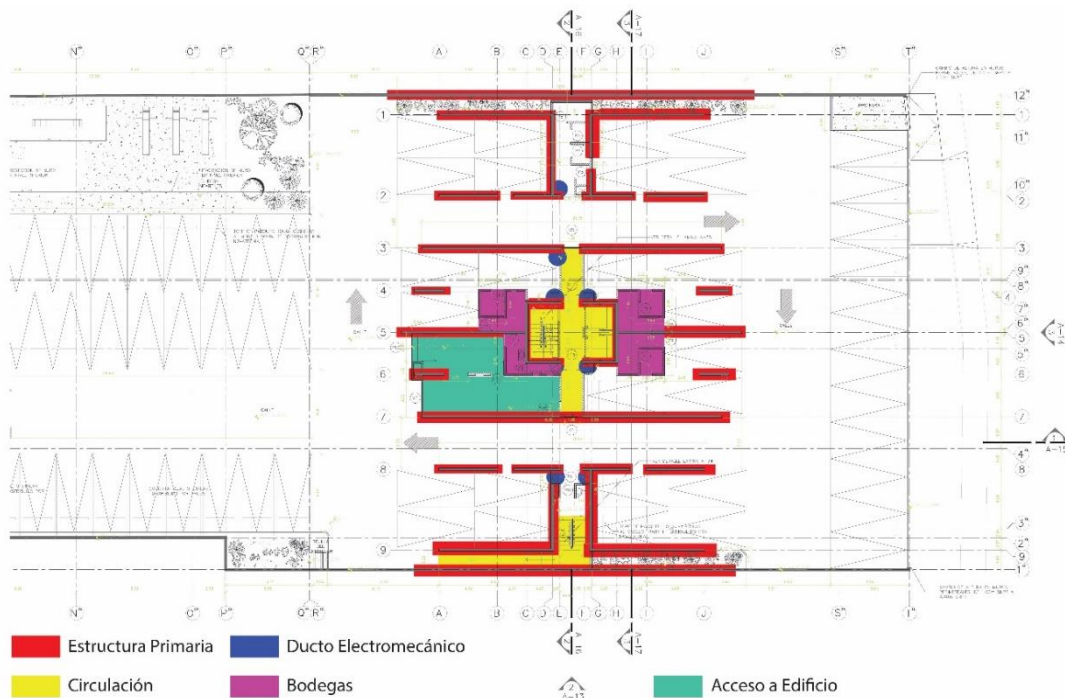


Ilustración 43. Elementos estructurales Nivel 0.00 (área acceso y parqueos). Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas



**c. Nivel 2° al nivel 6°**

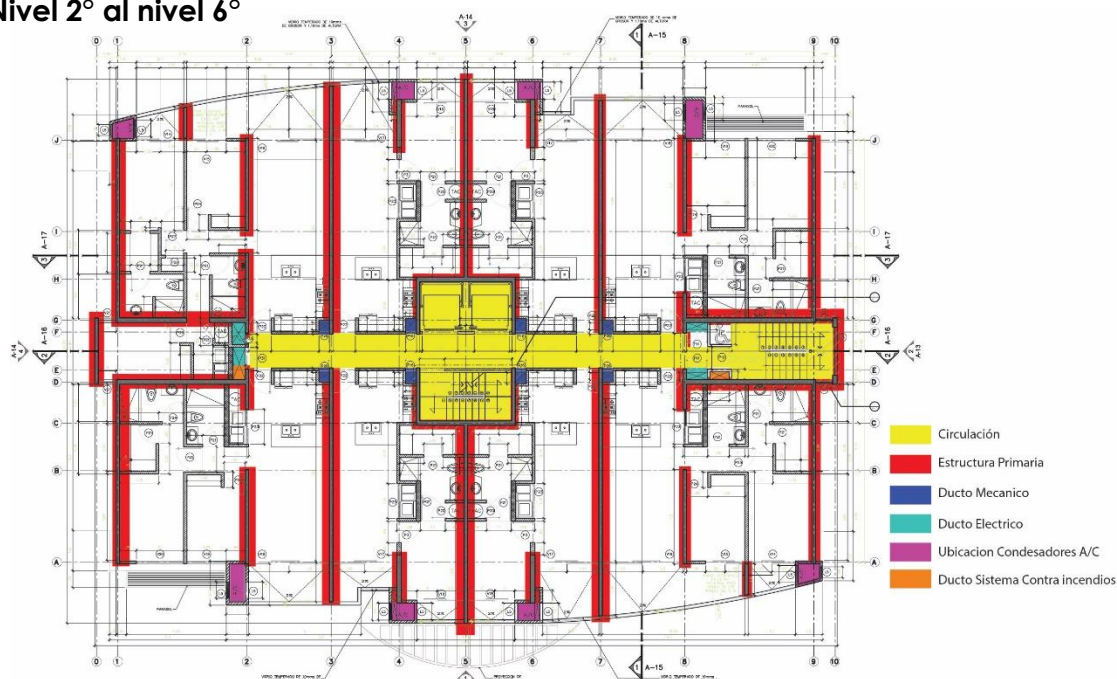


Ilustración 44. Elementos estructurales Nivel 2° al 6° (Apartamentos). Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

**d. Nivel 7° al 13°**

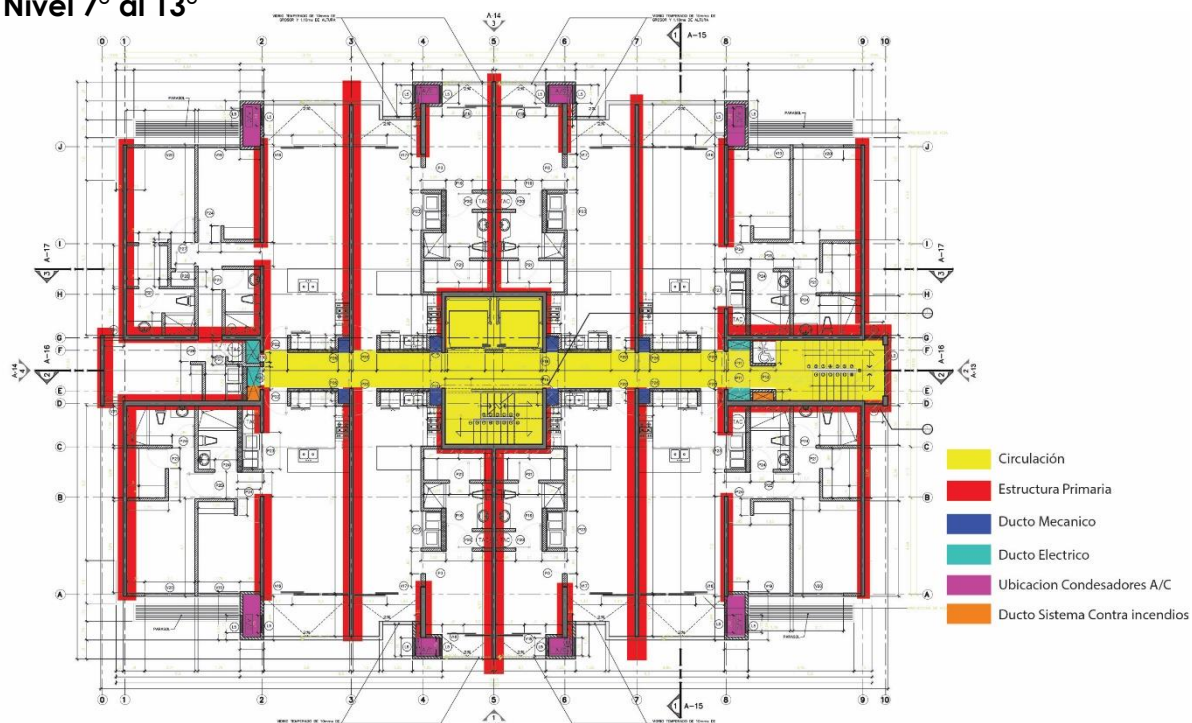


Ilustración 45. Elementos estructurales Nivel 7° al 13° (Apartamentos). Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

### e. Penthouse ( 1º Nivel)

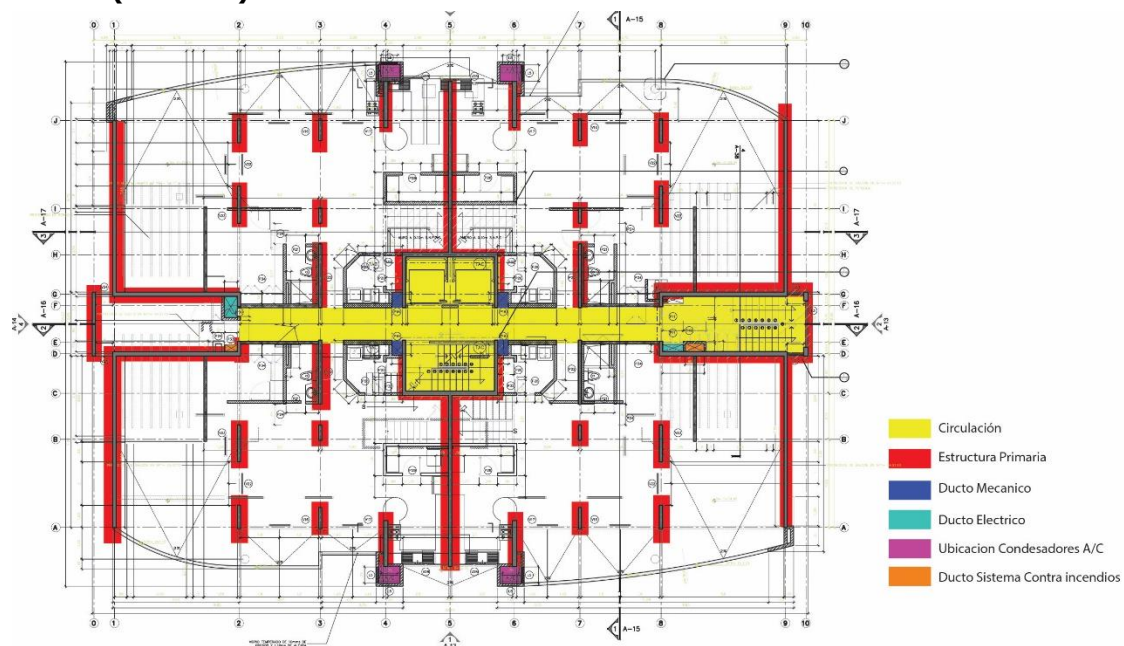


Ilustración 46. Elementos estructurales 1º Nivel Penthouse. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

### f. Penthouse (2º nivel)

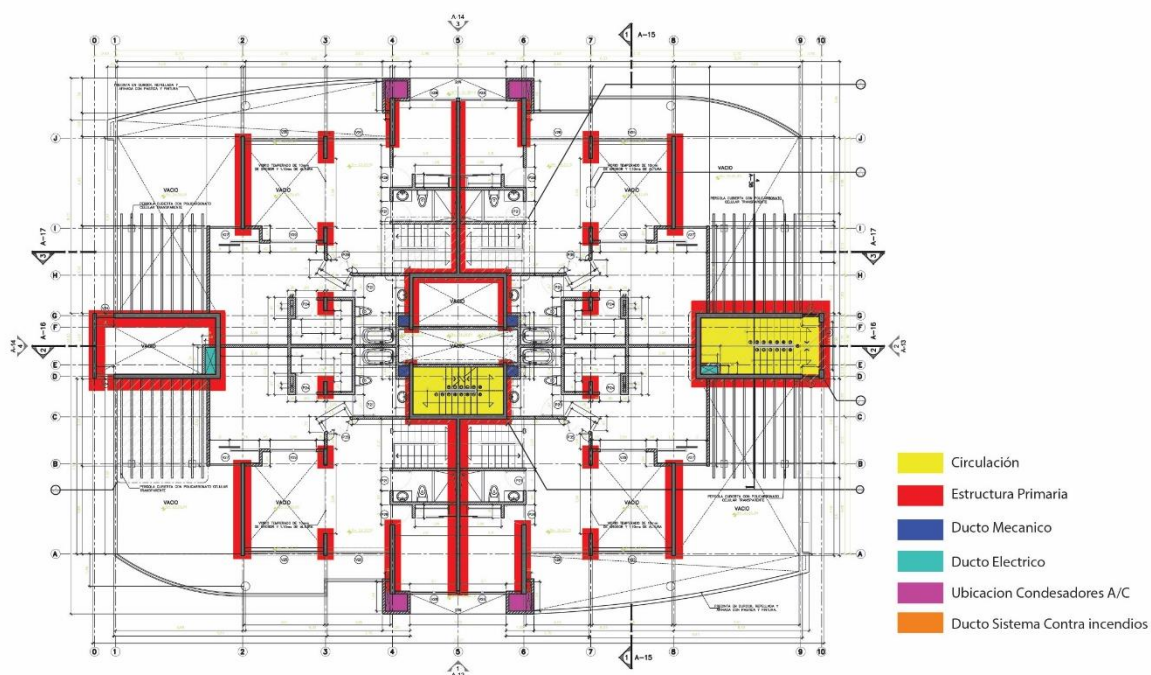


Ilustración 47. Elementos estructurales 2º Nivel Penthouse. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

### g. Corte arquitectónico

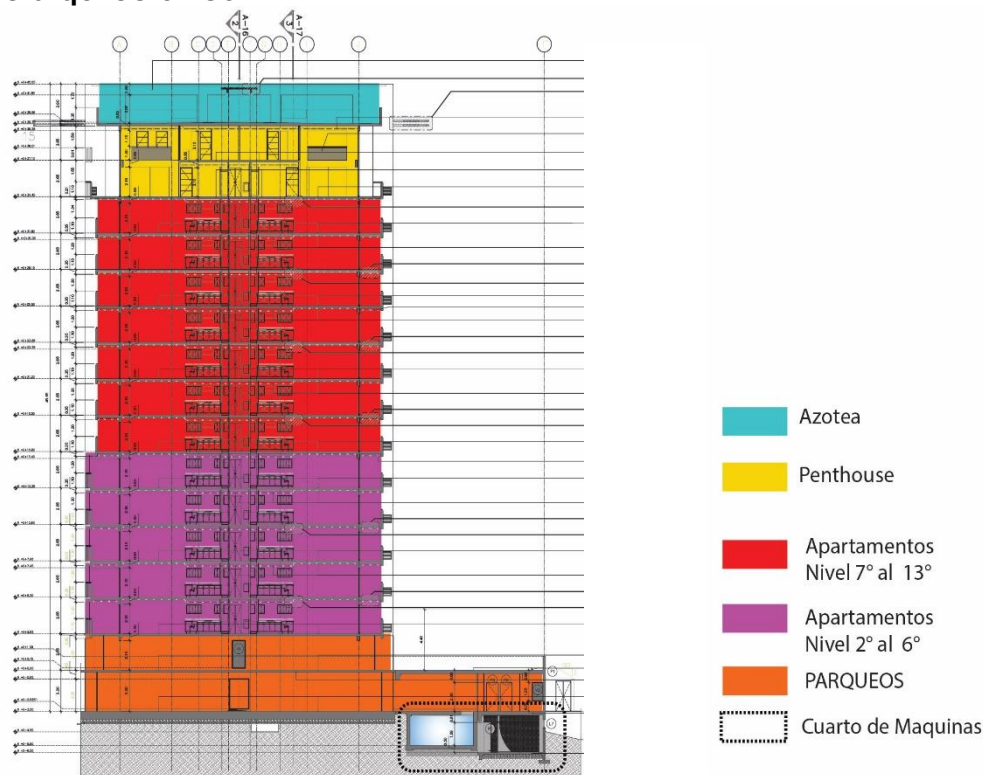


Ilustración 48. Corte arquitectónico del edificio. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

## 2.8 Análisis estructural del edificio

La estructura del edificio obedece a un sistema conocido como sistemas de muros o pantallas, el cual es un sistema muy utilizado para edificios de tipo residencial que posee mucha compartimentación o subdivisión de espacios con alturas promedio de 20 a 30 niveles.

El edificio está construido con muros de concreto reforzado con acero de 15 cm de espesor, con separaciones entre muro y muro de 3 m y 3.75 m respectivamente en los vanos más anchos, además posee un núcleo central rígido conformado por muros de concreto que envuelven los sistemas de circulación vertical (específicamente los ascensores y escaleras), estos muros suben de forma ininterrumpida desde los cimientos hasta llegar al último nivel en donde se encuentra los penthouse. Las cargas verticales se transmiten por flexión del entrepiso, generando en los muros tensiones de compresión que viajan por estos hasta llegar a los cimientos.



Las cargas horizontales se distribuyen a lo largo de las losas de entresuelo de concreto reforzado que actúan como un diafragma, estas losas tienen un espesor de 15 cm, teniendo una separación horizontal entre losa y losa de 2.65 m, cada losa transmite las cargas a los muros, respondiendo debido a su rigidez, como vigas de gran canto, reaccionando a la cortante y a la flexión contra el vuelco.

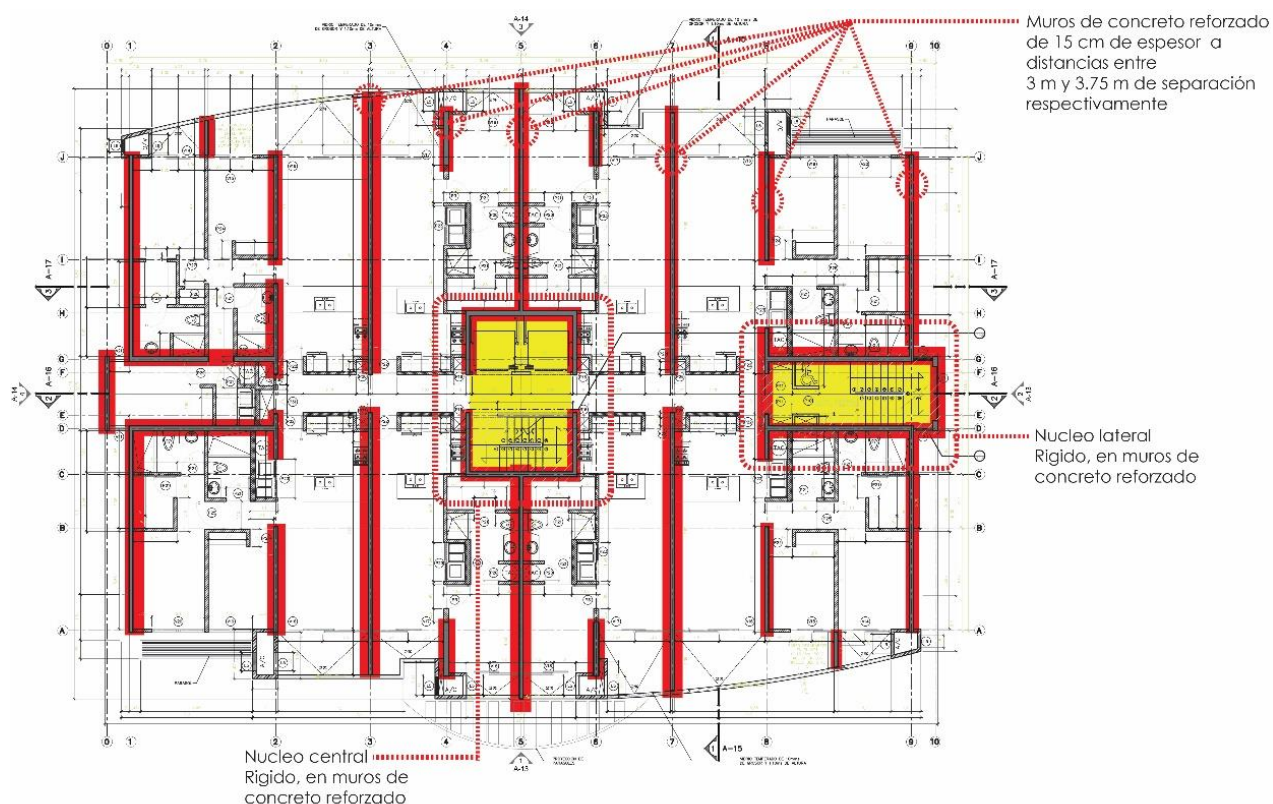


Ilustración 49. Planta análisis estructural. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

A nivel general el sistema implementado logra obtener una gran rigidez y estabilidad en el edificio, tanto para cargas verticales como horizontales, en contraposición es un sistema que no permite flexibilidad de usos, debido a la gran subdivisión de espacios.

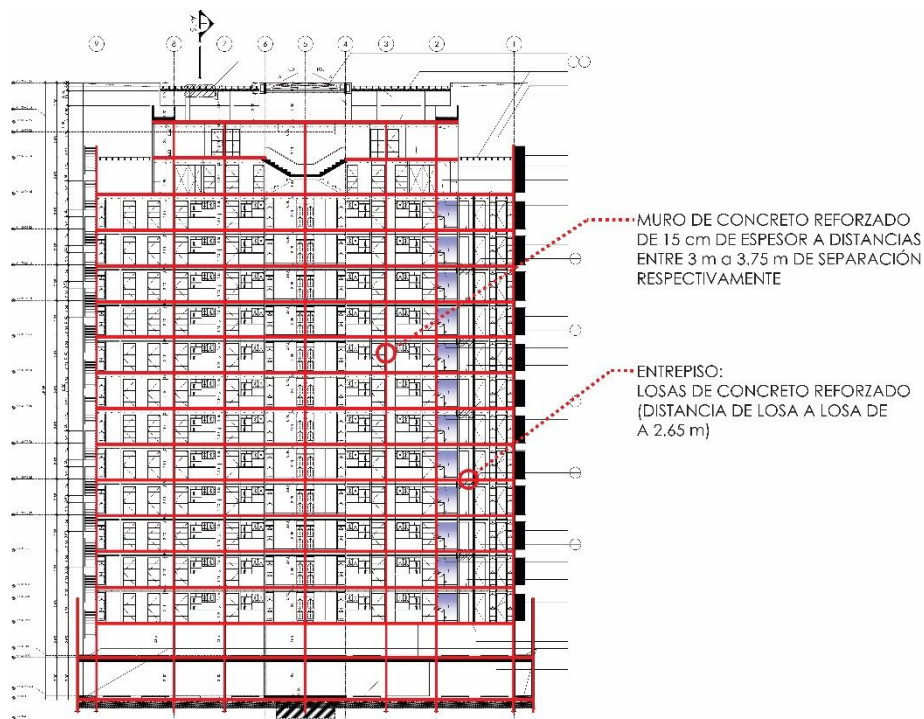


Ilustración 50. Análisis de corte estructural del edificio. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas



Ilustración 51. Corte perspectivo del edificio. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

La distancia entre losa y losa, es decir de nivel a nivel, es de 2.65 m, logrando así reducir los vanos o vacíos al máximo a nivel de fachada, por lo que se logra aumentar la rigidez y estabilidad del edificio, contra esfuerzos horizontales.

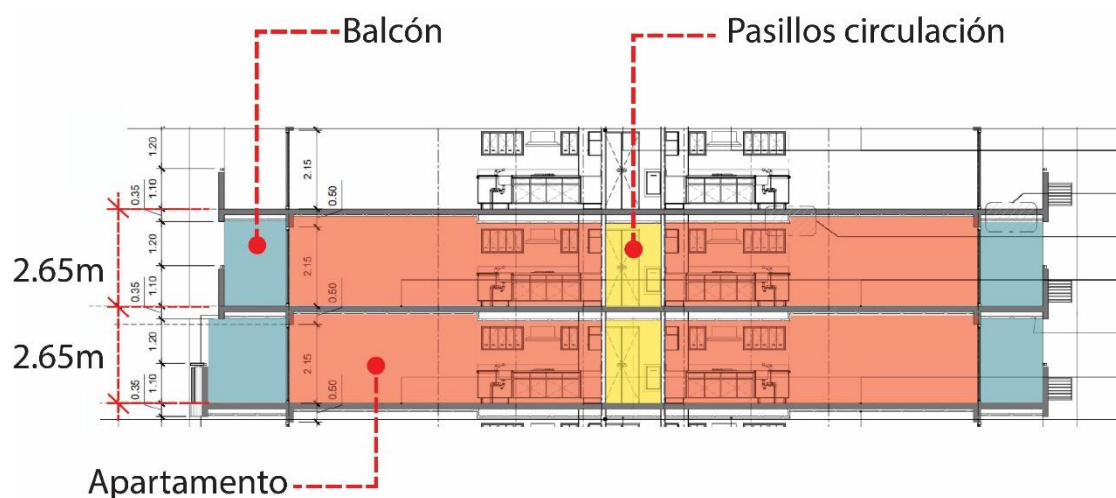


Ilustración 52. Detalle Corte de apartamento típico. Fuente: Elaboración propia a partir de planos suministrados por la Empresa Arquitectura y Diseño del Arq. José Salinas

### 3. Análisis del sistema contra incendios

El edificio cumple con todas las regulaciones y normativa nacional a lo que se refiere a sistemas contra incendios indicadas en el manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del cuerpo de bomberos de Costa Rica, el cual se apoya en las directrices de la NFPA 101.

El proyecto se diseñó y construyó acatando los requisitos solicitados por el departamento de bomberos para la construcción de un edificio de uso "Residencial en condominio vertical y apartamentos", que es la tipología a la que pertenece este edificio.

Dentro de los sistemas pasivos y activos existentes en el edificio podemos identificar los siguientes:

- Cumplimiento de normativa para dimensionamiento de accesos y salidas de emergencia
- Compartimentación: utilización de paredes con resistencia al fuego de 2 horas
- Utilización de rociadores automáticos en todos los niveles, según NFPA 101
- Utilización de extintores a base de polvo químicos A-B-C, en todos los niveles





## 4. Análisis Climático

### 4.1 Aspectos generales del clima en San José Temperatura, Humedad relativa y precipitación

Debido a su ubicación geográfica Costa Rica posee un clima tropical húmedo que se caracteriza por tener dos estaciones en el año, una estación seca que abarca de noviembre a marzo y una estación lluviosa que va de mayo a octubre, con temperaturas estables que varían entre los 15° C y 30° C.

Específicamente San José ubicado en el valle central a 800 msnm, presenta temperaturas promedio que oscilan entre los 16° C y 27° C.

El comportamiento de la temperatura, humedad relativa y precipitación anual, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16. Temperatura, Humedad Relativa y precipitación en San José Fuente: IMN Estación Aranjuez

#### Promedios mensuales

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa(%)	Lluvia (mm)	Días con lluvia (mm)
	Max.	Min.	Med.			
ENE	22.9	16.4	19.7	74	12.2	5
FEB	23.6	16.5	20.0	73	13.2	3
MAR	24.6	16.8	20.7	72	11.7	3
ABR	25.5	17.5	21.5	72	47.5	8
MAY	26.1	18.1	22.1	77	229.0	20
JUN	26.1	18.1	22.1	79	238.7	21
JUL	25.3	18.0	21.7	77	173.5	20
AGO	25.8	17.9	21.9	77	206.5	22
SEP	26.3	17.6	21.9	79	309.1	23
OCT	25.5	17.6	21.5	81	297.9	25
NOV	24.1	17.3	20.7	79	143.8	18
DIC	23.2	16.9	20.0	76	37.0	8

## Nubosidad

En San José, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en San José comienza aproximadamente el 25 de noviembre; dura 4,5 meses y se termina aproximadamente el 9 de abril. El 2 de enero, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 64 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 36 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 9 de abril; dura 7,5 meses y se termina aproximadamente el 25 de noviembre. El 5 de junio, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 96 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 4 % del tiempo.

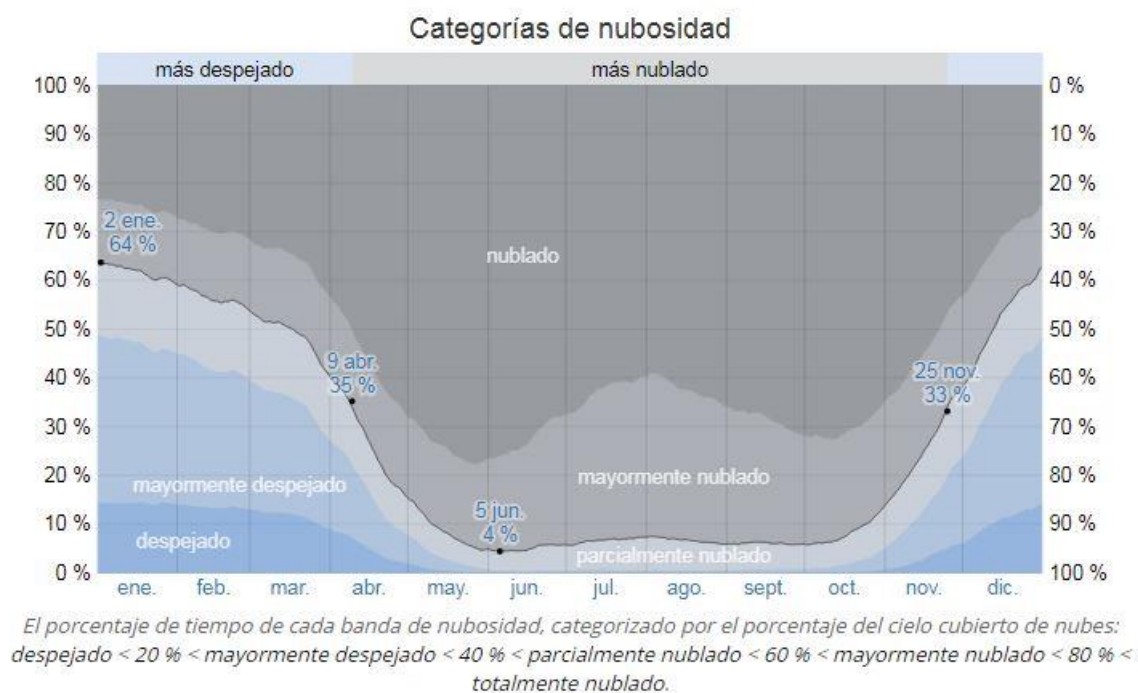


Figura 33. Promedio de Nubosidad en San José. Fuente Weather Spark

## Viento

Para el análisis del viento se toma como referencia el promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en San José aumenta gradualmente en diciembre, con un aumento de 3,9 kilómetros por hora a 5,1 kilómetros por hora en el transcurso del mes.

Como referencia, el 5 de febrero, el día más ventoso del año, la velocidad promedio diaria del viento es 5,7 kilómetros por hora, mientras que el 9 de junio, el día más calmado del año, la velocidad promedio diaria del viento es 2,9 kilómetros por hora.

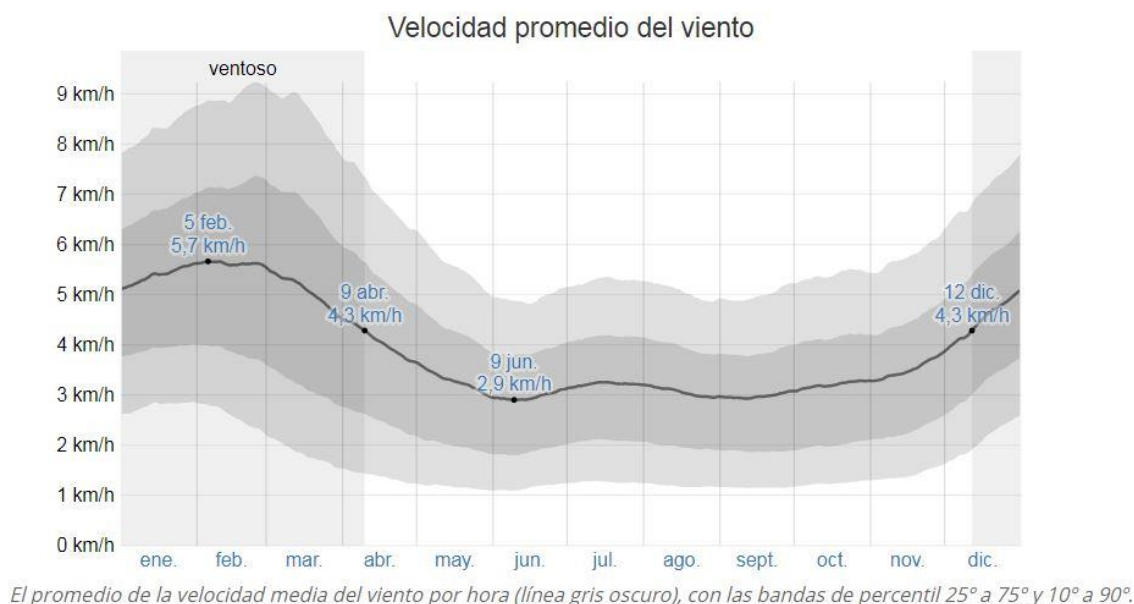


Figura 34. Velocidad del viento en San José. Fuente: Weather Spark

### 4.2 Tabla de Mahoney

Partiendo de los datos climáticos para cada mes de año, utilizando como referencia la ubicación del edificio, en donde se tomó en cuenta:

- Temperatura promedio máxima en cada mes
- Temperatura promedio mínima en cada mes
- Humedad relativa máxima en cada mes

- Humedad relativa mínima en cada mes
- Lluvia (mm Hg)

Se llena la tabla de Mahoney, la cual generara a partir de los datos suministrados un conjunto de seis indicadores en relación con la humedad y la lluvia (indicadores H1, H2, H3) y con la aridez y el calor (indicadores A1, A2, A3).

Estos indicadores generaran recomendaciones y pautas de diseño a nivel general para ser implementadas en las intervenciones a realizar en el edificio.

Esta tabla se completó con la información suministrada por el Instituto Meteorológico Nacional, específicamente con los datos recopilados en la estación de Aranjuez.

Tabla 17. Tabla de Mahoney. Fuente: Curso Técnicas bioclimáticas Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN DE DATOS												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media de las temperaturas máximas	22,9	23,6	24,6	25,5	26,1	26,1	25,3	25,8	26,3	25,8	24,1	23,2
Media de las temperaturas mínimas	16,4	16,5	16,8	17,5	18,1	18,1	18	17,9	17,6	17,9	17,3	16,9
Humedad relativa máxima	74%	73%	72%	72%	77%	79%	77%	77%	79%	81%	79%	76%
Humedad relativa mínima	37%	42%	35%	36%	42%	52%	48%	48%	47%	55%	41%	41%
Lluvia (mm Hg)	12,2	13,2	11,7	47,5	229	238,7	173,5	206,5	309,1	297,9	143,8	37
ESTRÉS TÉRMICO												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DÍA	Frío	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort
NOCHE	Frío	Frío	Frío	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Confort	Frío
INDICADORES												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H1 Ventilación esencial (calor y humedad)												
H2 Ventilación deseable (calor y humedad)												
H3 Protección contra la lluvia												
A1 Inercia térmica												
A2 Dormir fuera												
A3 Problemas con el frío												
RECOMENDACIONES ARQUITECTURALES												
<b>PLAN MASA</b>												
Edificios orientados en eje este-oeste para disminuir exposición al sol												
<b>ESPACIO ENTRE EDIFICIOS</b>												
Planos compactos												
<b>CIRCULACIÓN DEL AIRE</b>												
Circulación del aire inútil												
<b>DIMENSIONES DE LAS ABERTURAS</b>												
Medianas, 25 a 40% de la superficie de los muros												
<b>POSICIÓN DE LAS ABERTURAS</b>												
Aberturas en los muros norte y sur, a la altura humana del lado expuesto del viento y con aberturas en muros interiores												
<b>PROTECCIÓN DE LAS ABERTURAS (*)</b>												
Protección contra la radiación solar directa												
Prever una protección contra la lluvia												
<b>MUROS</b>												
Construcciones ligeras; débil inercia térmica												
<b>TEJADO</b>												
Ligero y bien aislado												
<b>ESPACIOS EXTERIORES (*)</b>												
Drenaje apropiado de agua de lluvia												
Protección contra las lluvias violentas												



### 4.3 Factores Micro climáticos

En el caso del proyecto que estamos analizando para realizar mejoras desde el punto de vista de la sostenibilidad, se realizan una serie de estudios de diferentes alcances y profundidad para posteriormente poder evaluar el desempeño de la estrategia propuesta.

Se realiza un repaso analítico de las condiciones microclimáticas del sitio, con el fin de finalizar con pautas específicas de diseño adecuadas a las características locales.

La totalidad del estudio se ha elaborado con base en una interpolación de data climática proyectada al año 2020 según las condiciones establecidas en el escenario A2 del Panel Internacional sobre el Cambio Climático IPCC de la ONU.

#### Contenido de condiciones microclimáticas:

- **Radiación solar y temperatura:** El principal aporte de energía térmica sobre el sitio proviene del factor de radiación solar directa en conjunto con los valores de nubosidad atmosférica. El perfil horario de temperatura depende en gran medida de estos dos factores, así como también lo hace el potencial de generación eléctrica fotovoltaica.
- **Incidencia eólica:** La incidencia eólica sobre el terreno y los componentes de diseño son el segundo factor a analizar. Por una parte, se determinará el potencial de este fenómeno para la ventilación natural en espacios internos, y por otra parte, en su potencial para la generación eléctrica micro-eólica.
- **Confort higrotérmico:** En conjunto con el factor de humedad relativa, los dos anteriores factores pueden analizarse en función de sus implicaciones para la habitabilidad humana y el grado de confort experimentado por los usuarios del proyecto.

## Análisis de factores Microclimáticos

### a- Radiación solar y perfiles térmicos

El cantón de Mata Redonda se caracteriza por presentar temperaturas moderadas, y con poca variabilidad a lo largo del año. Estas condiciones son resultado de una alta incidencia energética de radiación solar horizontal global (directa + difusa), combinada con una cobertura de nubosidad considerable a lo largo de la mayoría del periodo anual. Los gráficos de radiación global horizontal y de cobertura de nubosidad permiten apreciar gráficamente este comportamiento:

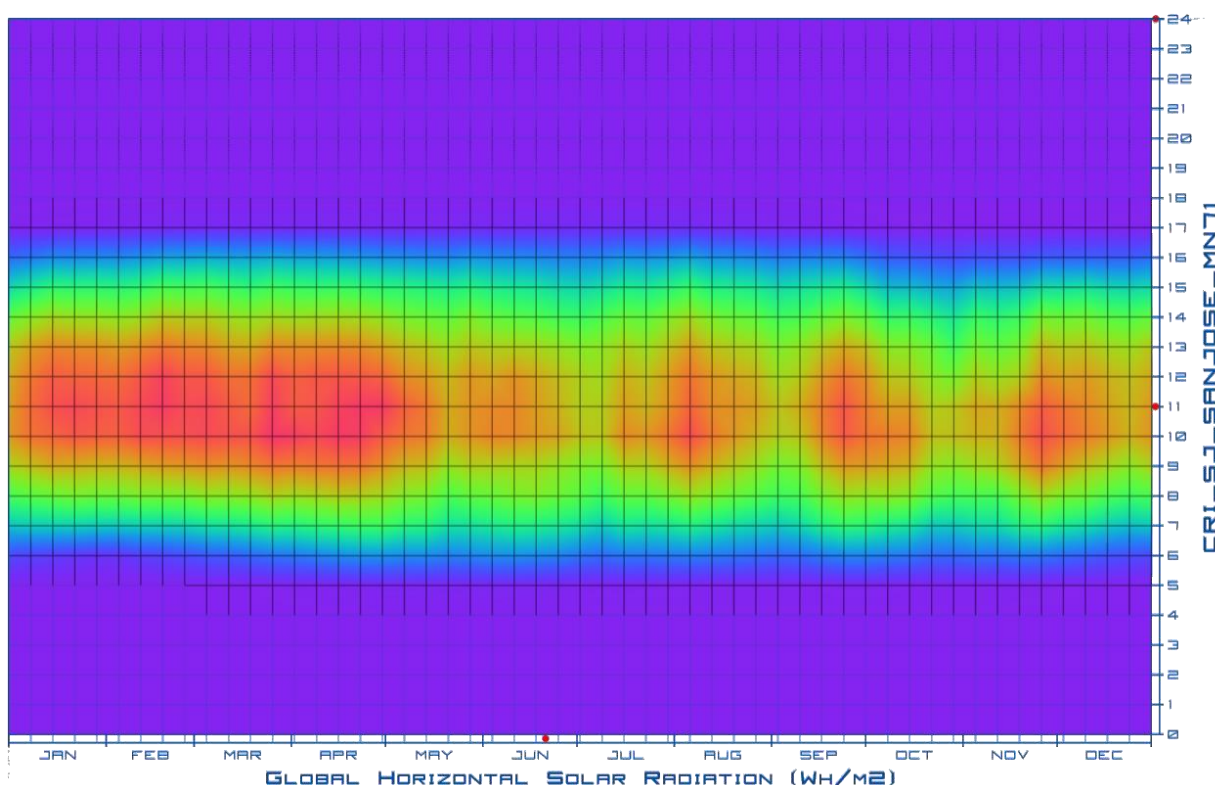


Figura 35. Análisis Radiación Solar y perfil térmico Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

Los valores más elevados de radiación global horizontal se dan durante los meses de marzo a mayo, con picos que alcanzan los **925Wh/m2**. Por su parte los valores mínimos se dan durante los meses de octubre y noviembre situándose en el orden de los **675Wh/m2**. El resto del periodo anual se aprecian valores promedio dentro de un rango entre **700-800 Wh/m2**.

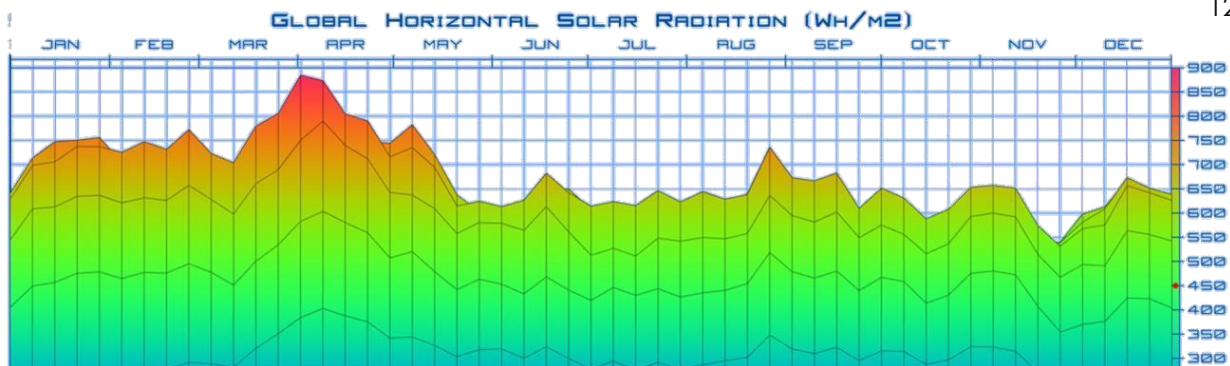


Figura 36. Radiación Solar Horizontal Global. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

En cuanto a la cobertura de nubosidad, se aprecia un comportamiento con tendencia estacional, donde los valores más altos se dan naturalmente durante la temporada lluviosa, entre los meses de mayo a noviembre. A pesar de esto, el único periodo anual donde se aprecian valores significativamente bajos de nubosidad, es el comprendido entre marzo y abril, específicamente durante horas de la mañana (6:00-10:00am).

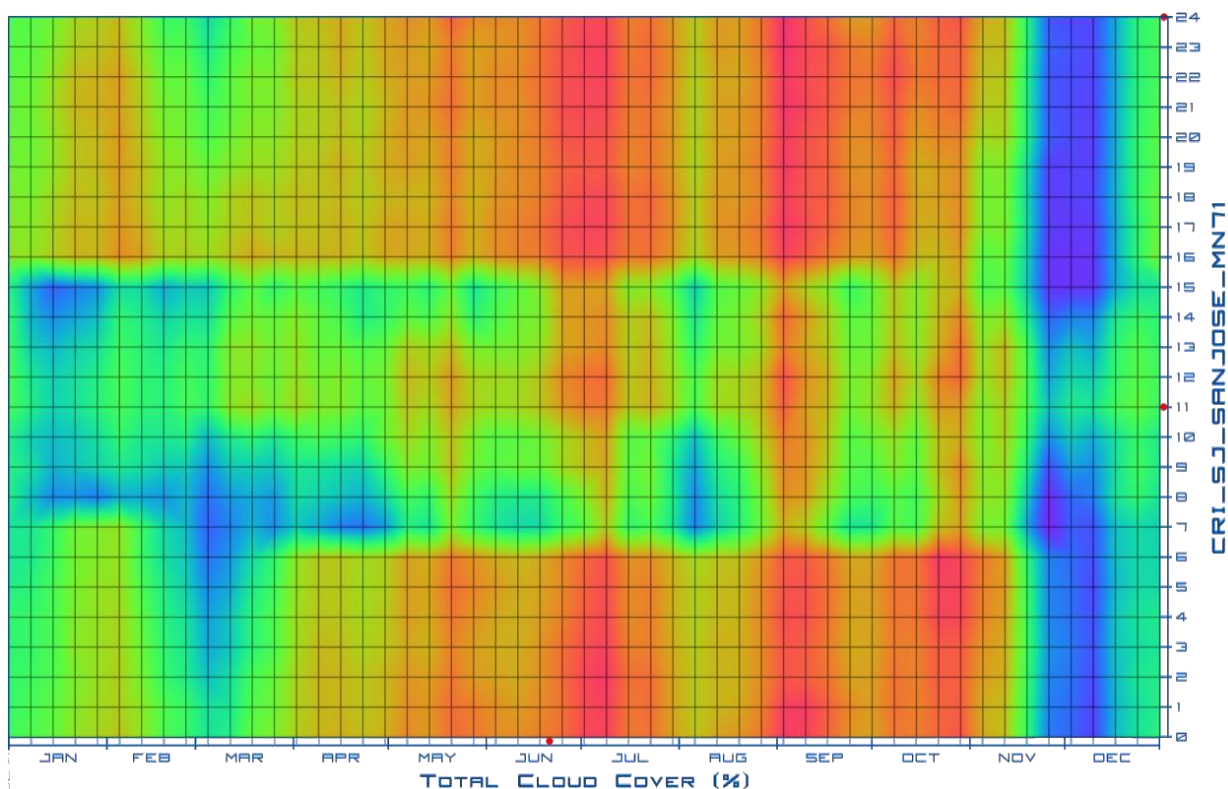


Figura 37. Cobertura de Nubosidad Anual. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

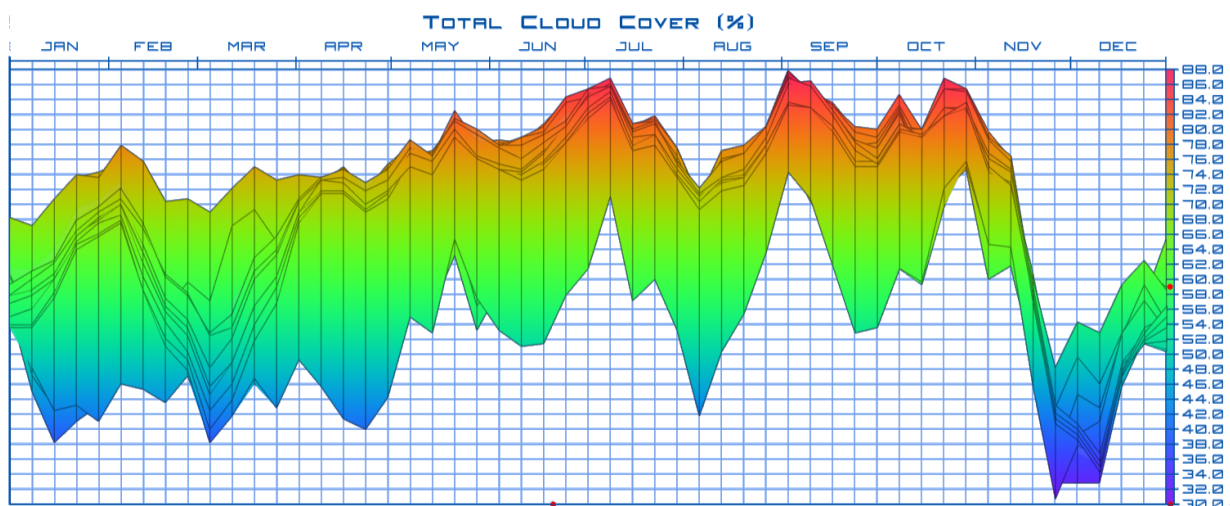


Figura 38. Cobertura de Nubes en Términos porcentuales Anuales. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima

En términos porcentuales, los valores durante la temporada lluviosa se encuentran consistentemente en el orden de 60% al 75%, mientras que, durante la estación seca, gracias fundamentalmente a mayores velocidades de vientos alizos, estos valores descienden a un rango de 40% a 55%.

Como se mencionó anteriormente, la combinación de estos dos factores, junto con una ubicación altitudinal superior a los 1100 m.s.n.m, produce un perfil térmico horario relativamente constante a lo largo del año, el cual se aprecia en el siguiente gráfico:

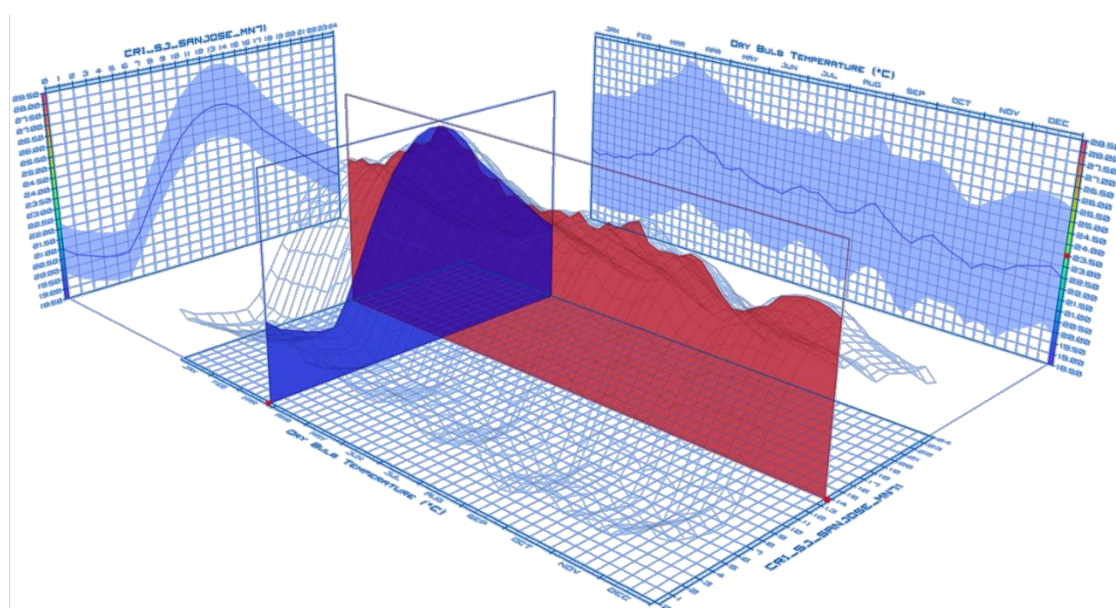


Figura 39. Perfil Térmico Anual. . Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL





Figura 40. Datos Anuales del Clima. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

La determinación del perfil anual de temperatura de bulbo seco (del aire) permite apreciar dos periodos cortos con valores por encima del promedio, específicamente durante los meses de marzo, abril, y agosto. Un análisis más detallado del perfil horario muestra que durante la variabilidad diaria de temperaturas, estos picos corresponden a las horas desde 12:00md a las 2:00pm.

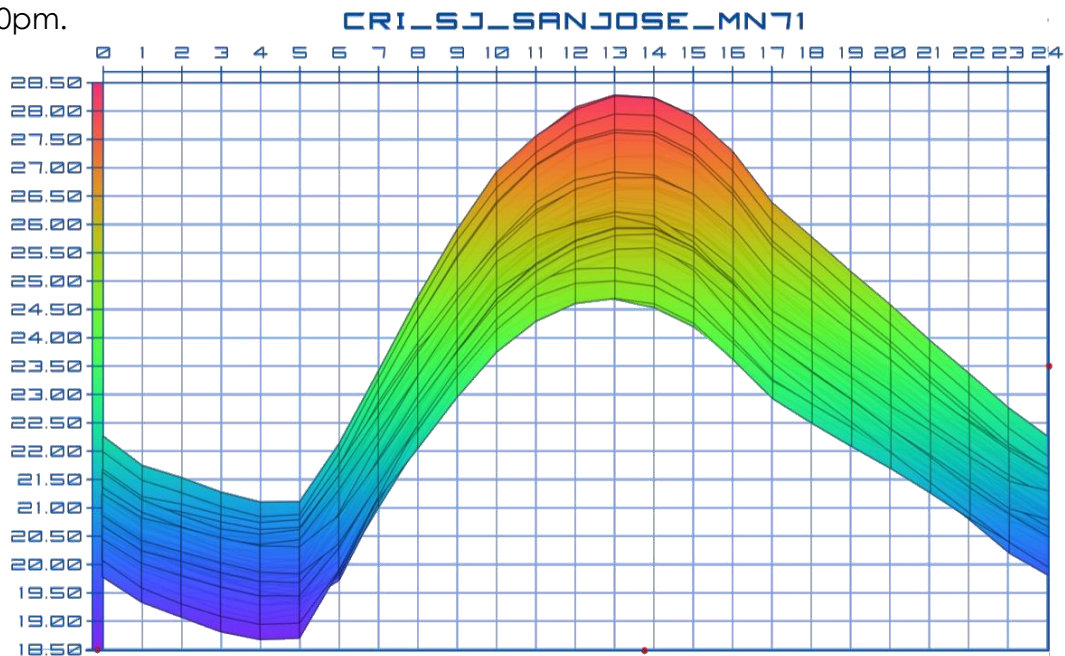


Figura 41. Perfil de Temperatura Promedio en meses críticos Marzo, abril y Agosto. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

Fuera de este periodo, las temperaturas se mantienen dentro de un rango entre los 17-26 grados centígrados durante el periodo de tiempo denominado como horario laboral extendido, el cual es el único que resulta relevante según la definición programática del proyecto.

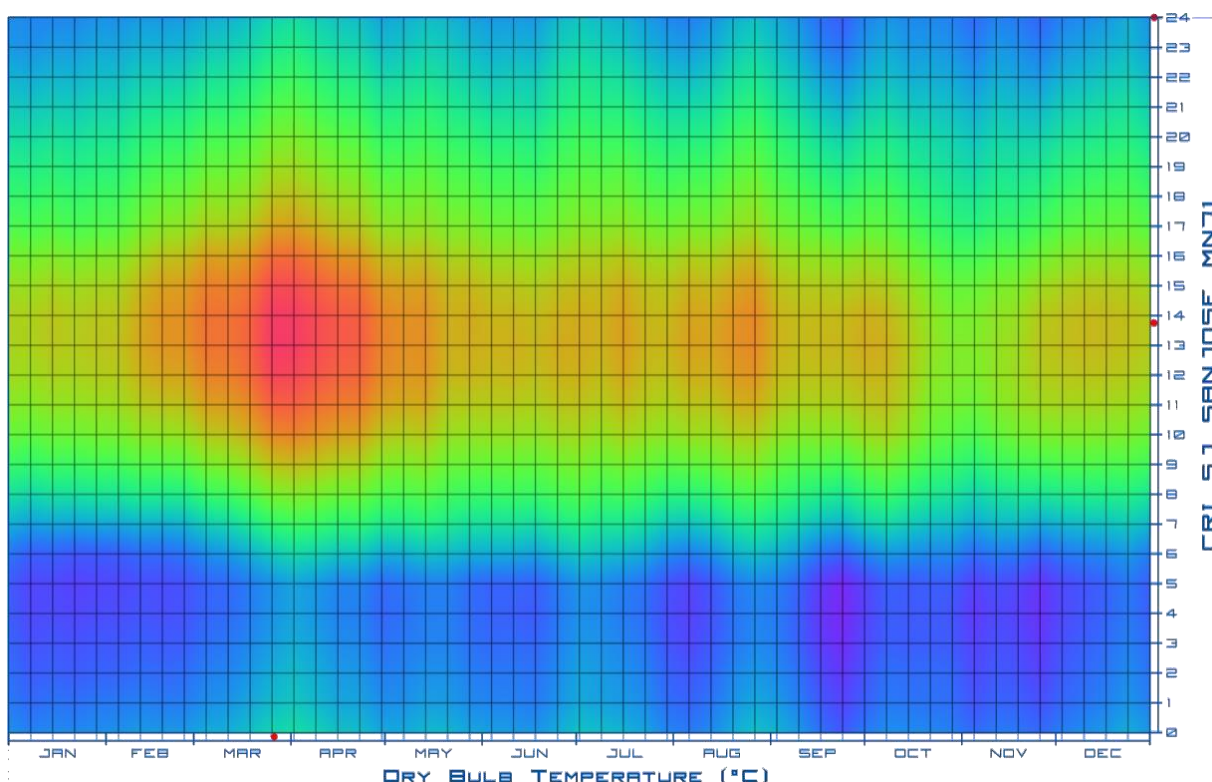


Figura 42 Temperatura de Bulbo Seco. Fuente: Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

## b- Incidencia Eólica

Un análisis breve de los principales patrones de viento incidente permite identificar un vector de origen dominante con una apertura angular de entre 75° a 105° con respecto del Norte. Al mismo tiempo, puede notarse una velocidad promedio predominante de **15km/h a 28km/h**. De manera casi inmediata, el perfil anual de velocidades muestra una marcada variación de carácter estacional, la cual coincide con las denominadas estaciones seca y lluviosa

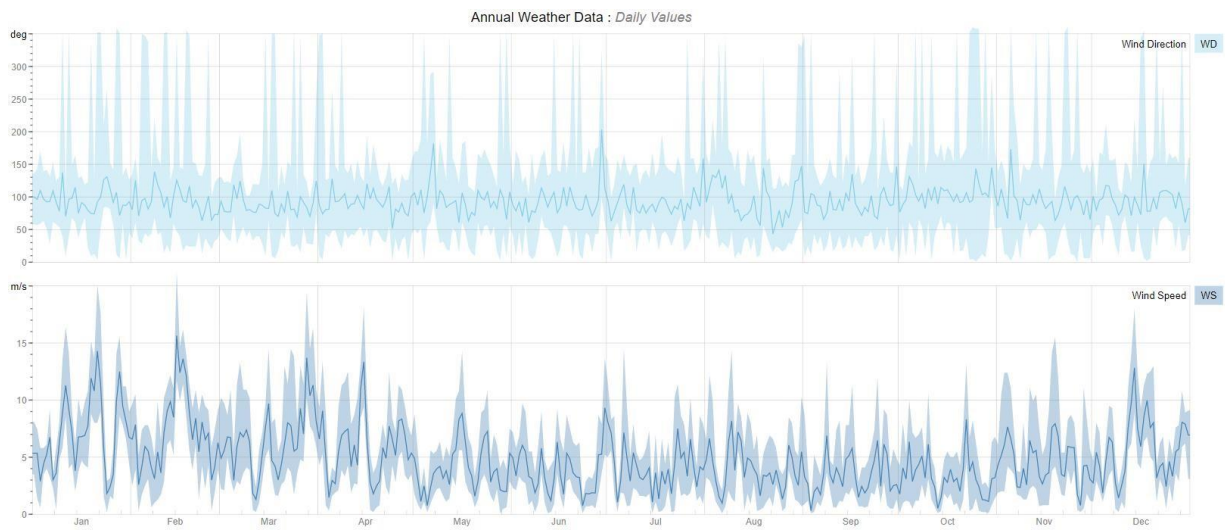


Figura 43. Velocidad del Viento Anual. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

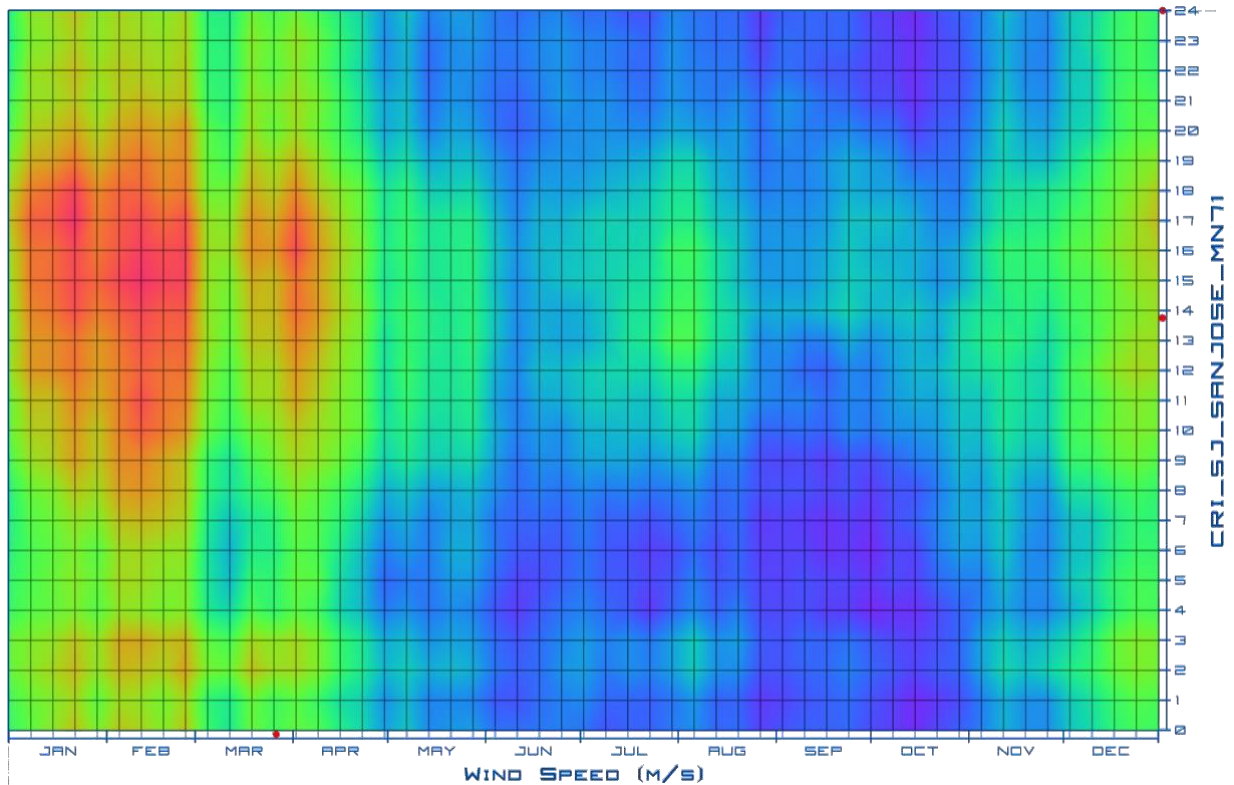
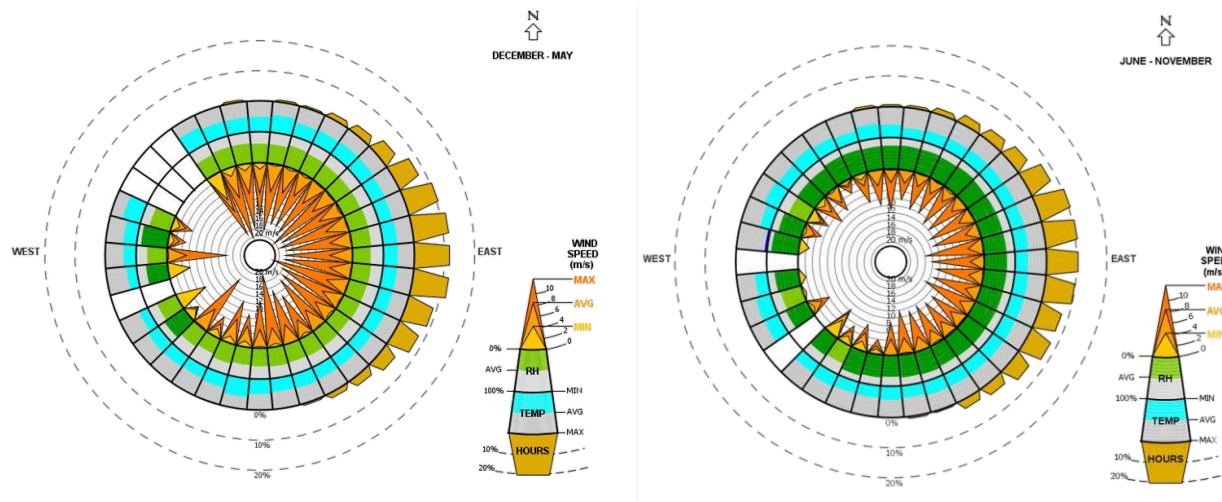


Figura 44. Velocidad del Viento Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL



La rosa de los vientos independiente para cada uno de estos periodos muestra poca o ninguna diferencia en la dirección del viento, sin embargo, sí lo hace en término de velocidades promedio y máxima:

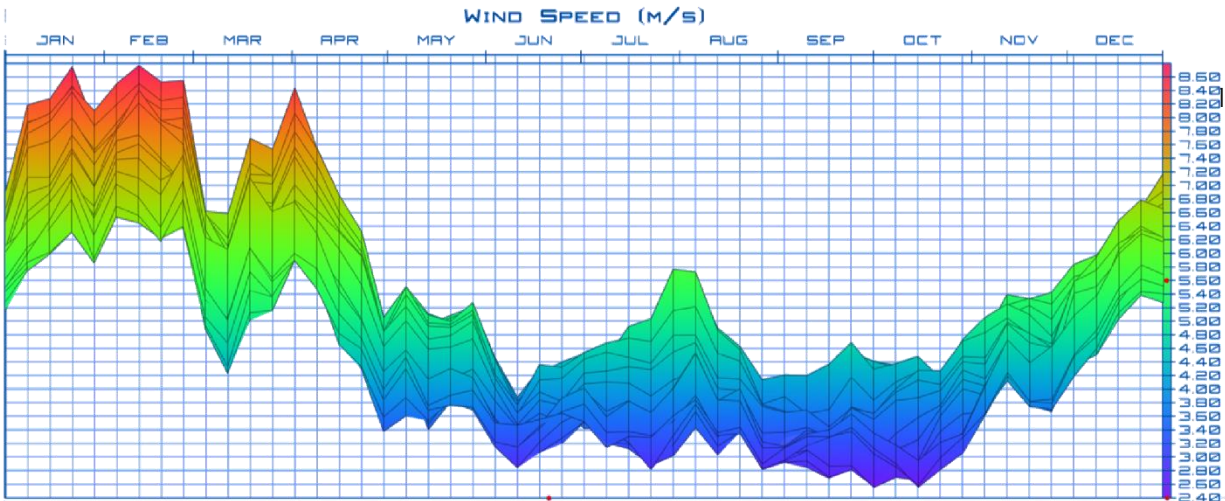


### Temporada Seca

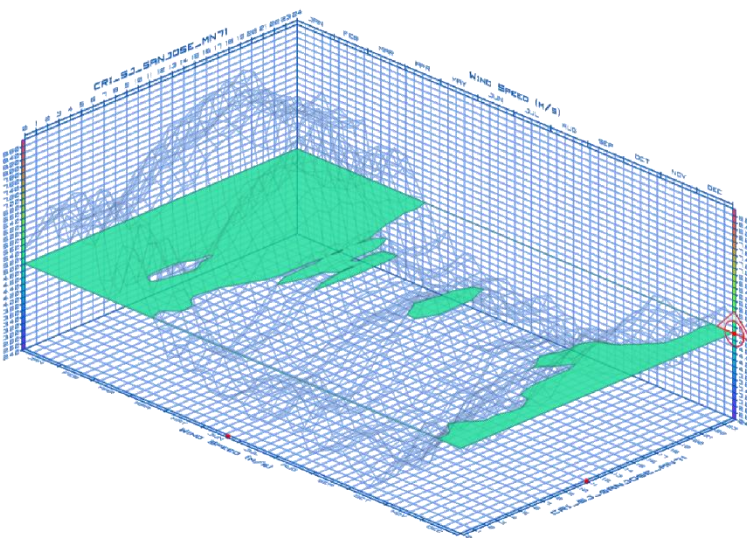
### Temporada Lluviosa

Figura 45. Rosa de los Vientos. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL





35



Los meses comprendidos entre diciembre y abril muestran velocidades por encima de los 6m/s (21km/h), con una distribución relativamente constante a lo largo del día. Este tipo de comportamiento favorece la eventual instalación de generadores microeólicos para autoconsumo. Adicionalmente, el mes de julio muestra velocidades pico entre los 5-6m/s lo cual equivale a 18-21km/h. Finalmente, esta es la temporada óptima para el aprovechamiento del viento para estrategias de diseño arquitectónico pasivo.

A pesar de lo anterior, al trazar un plano de corte horizontal sobre el plano de los 3,50m/s, se aprecia que aún la temporada lluviosa posee para las condiciones necesarias para la generación de energía con una instalación micro eólica, bajo la premisa de una altura mínima de 10m sobre el terreno para los aerogeneradores. Este plano de corte coincide con el estándar de la velocidad mínima de arranque de este tipo de equipos.

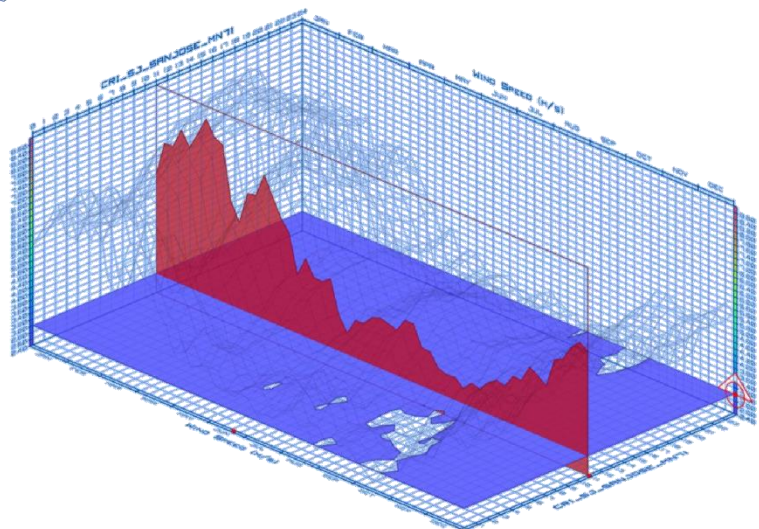


Figura 46. Síntesis Velocidad del Viento. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

### c- Confort Higrotermico

Todos los factores y componentes anteriormente descritos tienen una lectura conjunta por parte del sistema nervioso del ser humano, y en combinación contribuyen a la percepción de bienestar, o confort higrotérmico. Para entender a cabalidad esta percepción sinérgica debe estudiarse también la humedad relativa del aire, en relación directa con las tasas de precipitación propias del microclima local.

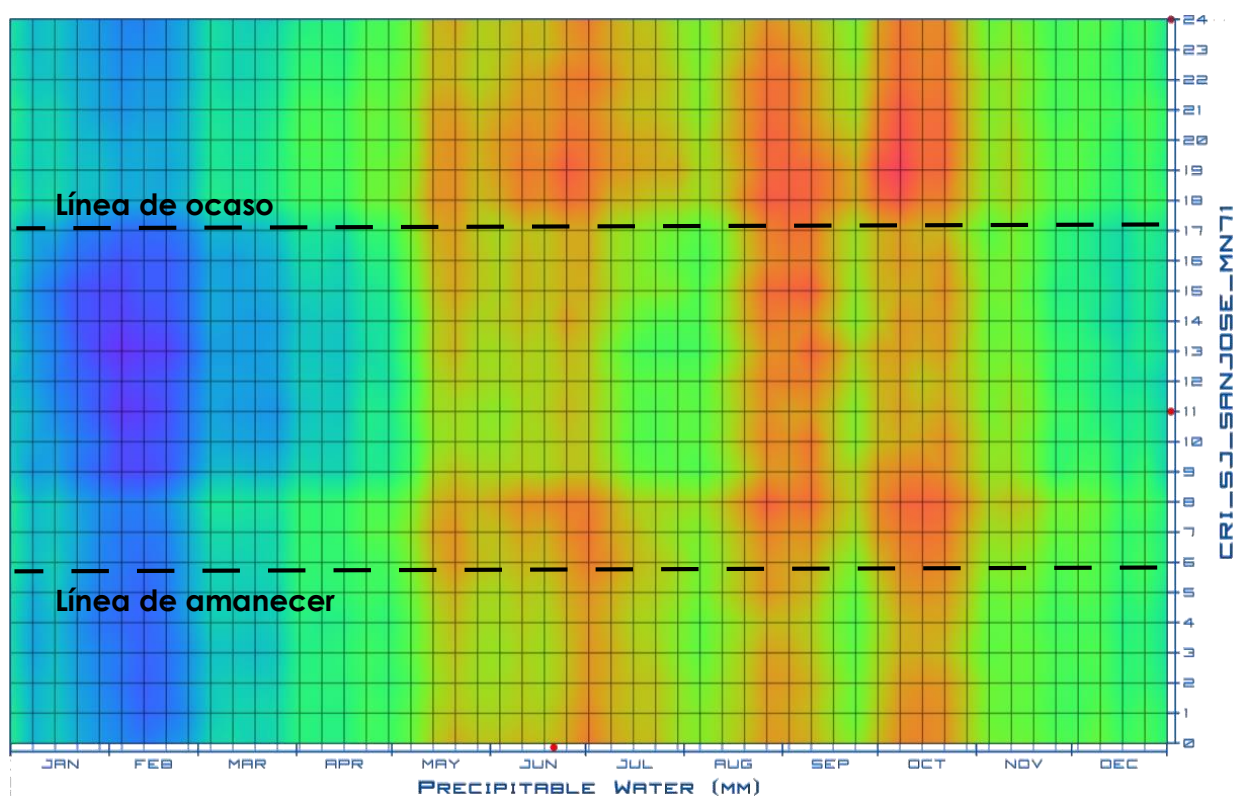


Figura 47. Precipitación en mm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL



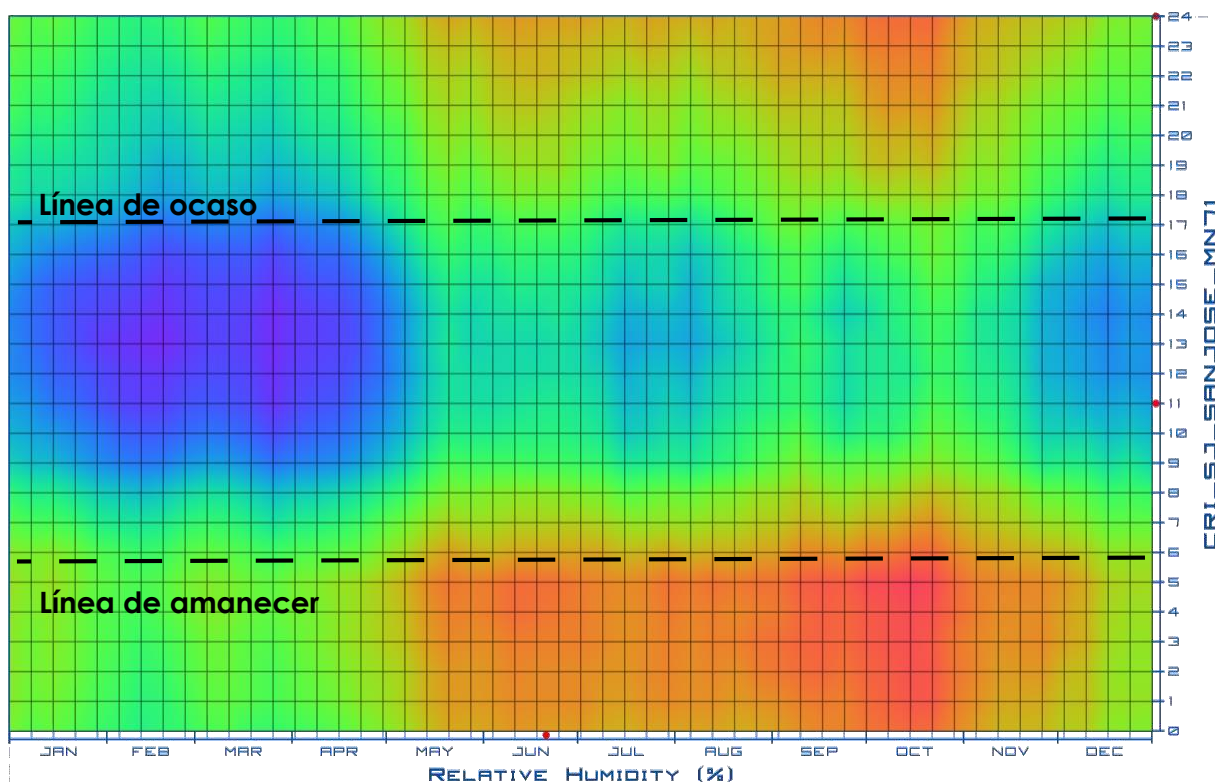


Figura 48. Humedad Relativa. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

Los gráficos anteriores describen la correlación entre el agua precipitada, fundamentalmente durante la estación lluviosa, y la humedad relativa en el aire. De esta relación, resulta interesante denotar que las mayores concentraciones de HR% (valores superiores al 75%) se dan durante horas de la noche y madrugada, fuera del horario laboral, con lo cual la afectación sobre la sensación térmica, específicamente a través del índice de calor (*Heat Index*) no es significativamente alta para los usuarios del proyecto.

A pesar de esto, la afectación para los habitantes permanentes del edificio sí resulta particularmente alta, con valores por encima del 80%, durante los meses comprendidos entre abril y diciembre inclusive. Este factor debe preverse a la hora de realizar la selección de materiales para el proyecto, así como cualquier estrategia de control ventilación natural en áreas de baños y dormitorios.

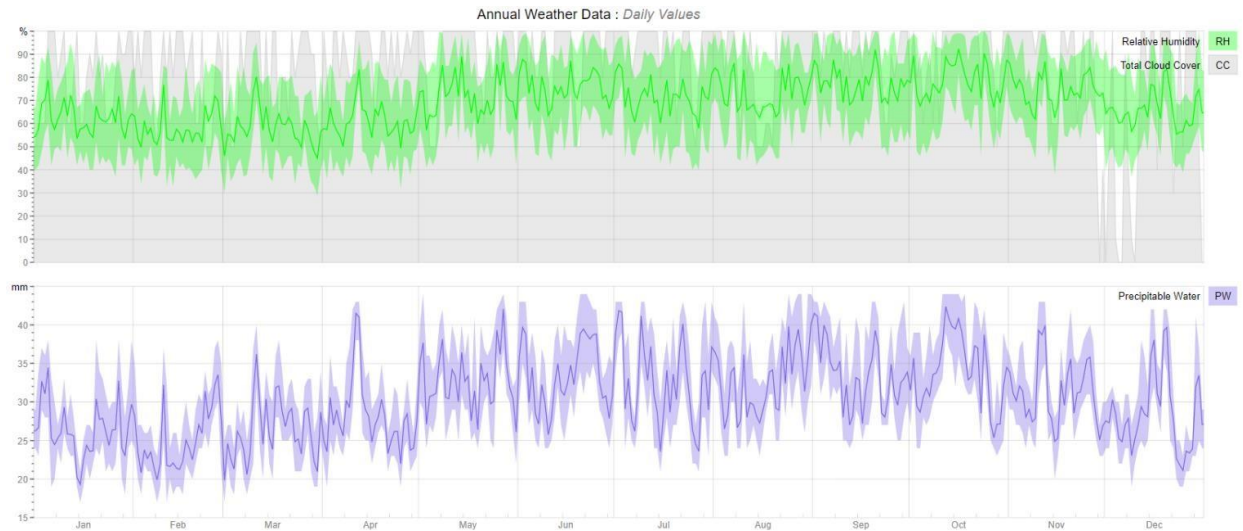


Figura 49. Humedad Relativa y Precipitación. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

Una vez ponderada la distribución de tasas de humedad relativa, y temperatura, estos valores pueden graficarse sobre un diagrama psicrométrico para la elaboración de análisis sobre la sensación humana de bienestar higrotérmico.

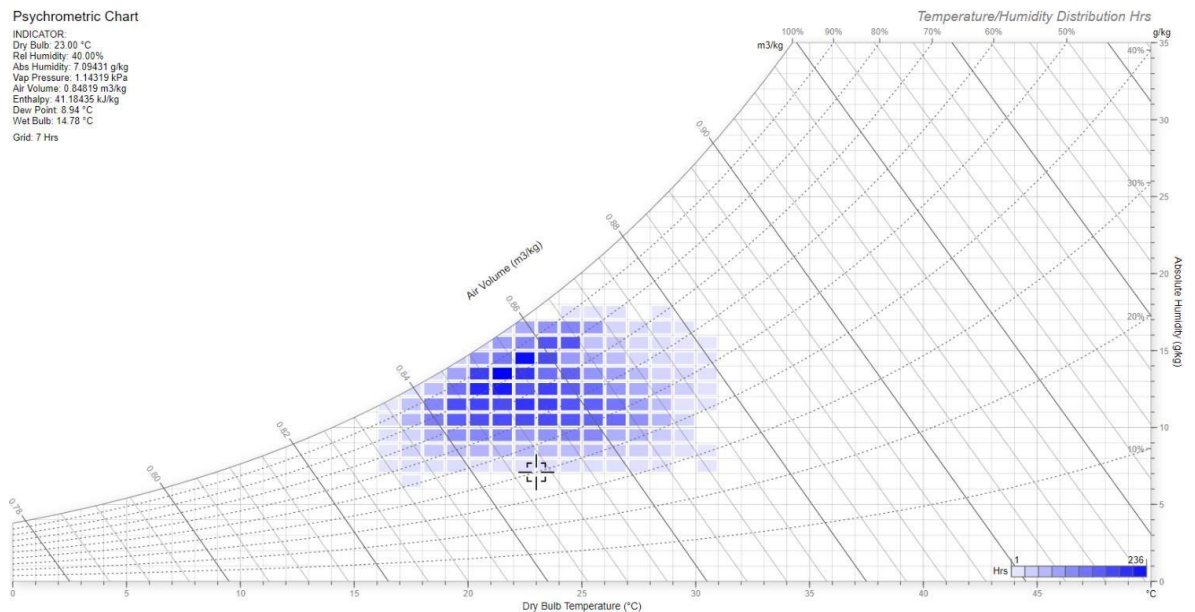


Figura 50. Diagrama de Givoni. Zonas de Confort. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

El primero de estos análisis corresponde a la sobreposición de las zonas de confort de Givoni sobre la distribución de T/RH local. Este diagrama no incorpora los factores de actividad metabólica ni de arropamiento, por lo cual representa la relación entre las condiciones higrotérmicas del aire, y una definición estandarizada de confort humano, así como las principales estrategias pasivas de diseño para alcanzarlo.

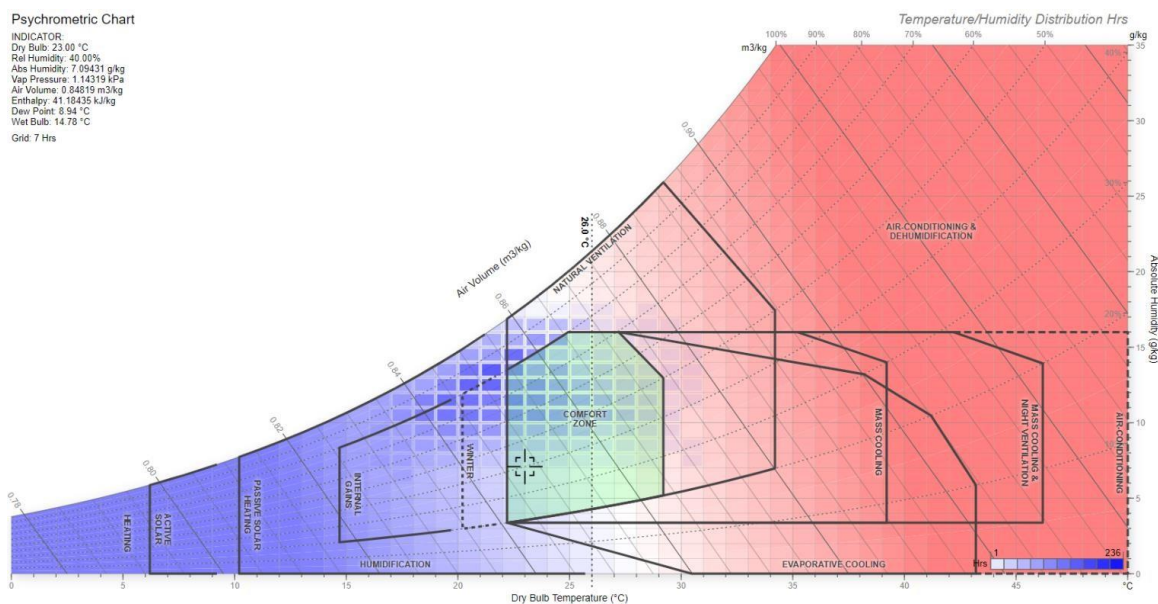


Figura 51. Diagrama de Givoni. Zonas de Confort. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

De este análisis se desprende de valores de temperatura por debajo de la zona de confort, en combinación con valores de humedad relativa por encima de la misma (frescor húmedo), lo cual corresponde a las características de la zona de vida de bosque Humedo Premontano (BH-P), en el cual se presentan extensas áreas de suelos volcánicos, fértiles, donde el bosque original mayormente desaparecido... entre las especies características de esta zona de vida están los generos *Nectandra*, *Persea*, *Cinnamomun* de la Familia Lauraceae, *Cupania* de la Familia Sapindaceae, *Eugenia* de la familia Myrtaceae, *Cedrela salvadorensis* (cedro), *Cedrela tonduzii* (cedro dulce), *albizia adinocephala* (carboncillo), y *Dendropanax arboreus* (fosforillo).



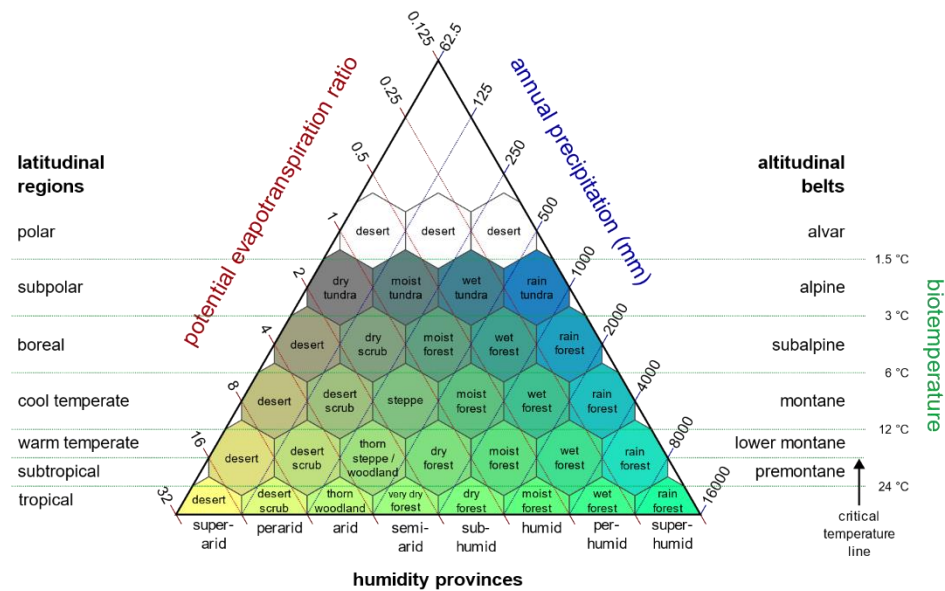


Figura 52. Diagrama de Clasificación de Zonas de vida Holdridge. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

Posteriormente, se analizan las condiciones de ocupación interna, al incorporarse premisas básicas de actividad metabólica y arropamiento, típicos de actividad doméstica predominantemente sedentaria, según los coeficientes especificados por el estándar 55-2017 del *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* de ASHRAE.

Finalmente, se grafica todo sobre la psicrometría de la norma EN-15251, la cual permite una visualización de bandas del voto medio previsto PMV. Este factor describe la percepción predominante de confort / discomfort en una escala que va desde -1 (disconfort máximo por frío) a +1 (disconfort máximo por calor), siendo así el 0, la medida para una sensación de confort (neutralidad) higrotérmica.

A pesar de que algunos valores se encuentran fuera del área de confort admisible, la media predominante de humedad y temperatura se encuentra dentro de la banda de PMV: +0,2 la cual se considera como naturalmente confortable.

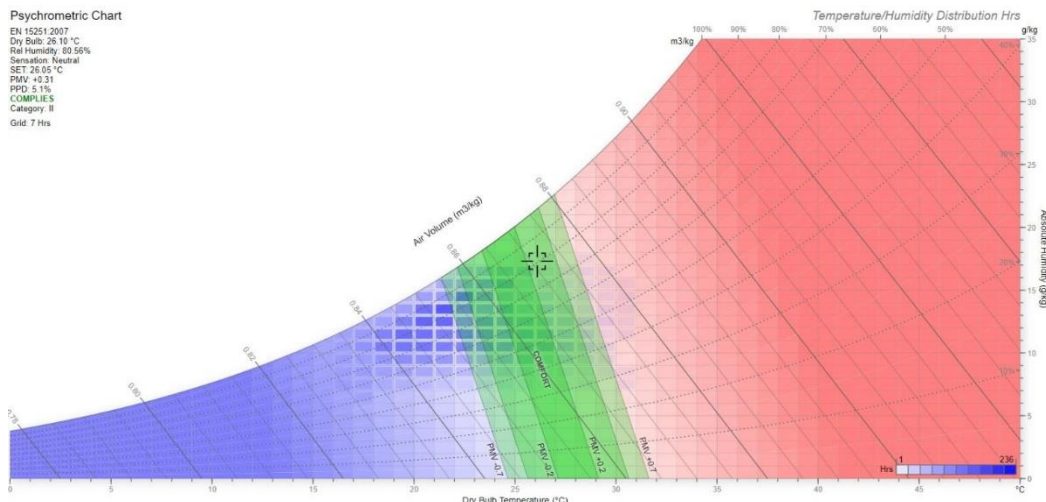


Figura 53. Diagrama de Givoni. Zonas de Confort. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL

En este caso tomando como punto de partida las mismas condiciones externas favorables, pero con un factor de actividad metabólica de 1,1 met (movilidad mínima, predominantemente sedentario), un arropamiento de 1,0 clo (pantalones de mezclilla, con camisa manga larga, y zapatos cerrados), y una velocidad interna del aire de 0,5 m/s, se obtiene un índice de calor cercano a los 26,1°C, con un voto medio previsto **PMV de 0.31** (dentro del rango confortable: -0.5 a +0.5), y un porcentaje de personas insatisfechas **PPD del 5.1%**. Estas condiciones se ven modificadas durante la temporada seca, dado el incremento de energía térmica proveniente de una mayor radiación solar global, la cual a su vez puede traducirse en efecto invernadero a través de un diseño arquitectónico desvinculado del análisis bioclimático.

#### 4.4 Conclusiones del Análisis de Factores Microclimáticos

Según lo previamente mencionado, las condiciones del sitio corresponden a las características típicas de la zona de vida de Bosque Húmedo Premontano, con temperaturas del aire moderadas y poco variables a lo largo del año. El comportamiento de la incidencia eólica, la precipitación, y la humedad relativa, sí muestra una marcada variabilidad estacional, según los dos principales periodos anuales conocidos como temporada seca y temporada lluviosa.

- a) El comportamiento estacional tiene un efecto significativo sobre la radiación solar global incidente, especialmente sobre el componente de radiación directa, el cual alcanza valores pico de **925wh/m2** durante el mes de abril. Este hecho requiere particular atención sobre la orientación de fachadas dominantes de los componentes arquitectónicos, pero también el tratamiento de pieles sobre las mismas, así como para la disposición de entradas y salidas de aire.
- b) Existen dos temporadas de viento claramente diferenciadas que se alternan sobre el cantón de Mata Redonda según se encuentre en efecto la estación seca (diciembre a abril) o la estación lluviosa (mayo a noviembre). Estas dos temporadas difieren fundamentalmente en los valores de velocidades pico y en menor medida, velocidades promedio, sin embargo, no cambian la dirección de origen de los vectores dominantes, los cuales se mantienen en un **rango angular de 75° a 115°** con respecto del norte.

- c) Las condiciones higrotérmicas del aire en el sitio son favorables y se sitúan mayoritariamente dentro de la zona de confort para la ocupación humana, con valores de HR% ligeramente altos durante el horario laboral de la temporada lluviosa.
- d) A pesar de lo anterior, la actividad doméstica típica, así como los horarios de ocupación permanente de un edificio residencial (tasa metabólica, y arropamiento) facilitan el alcance de **estados confortables** durante la mayoría del periodo anual diurno. La generación de efecto invernadero al interior de los edificios, así como la exposición a la radiación solar directa, son los dos principales riesgos para las condiciones operativas, y la salud de los usuarios del proyecto.
- e) La marcada diferencia en las tasas de radiación solar e incidencia eólica debido a la variabilidad estacional, indica que la mejor estrategia para la micro generación eléctrica distribuida, sería una **instalación híbrida**, que contemple tanto la instalación de paneles fotovoltaicos sobre cubiertas en la propiedad. Este tipo de instalación compensaría los déficits de generación por alta nubosidad durante la temporada lluviosa, y colaboraría **a estabilizar la cantidad de energía generada**.



## 4.5 Análisis de Incidencia solar sobre el edificio

De acuerdo a la ubicación y posicionamiento en sitio del edificio, se realiza un análisis de incidencia solar para evaluar el impacto que tiene este, sobre las fachadas y hacia el interior del edificio.

Se generan los dos escenarios comparativos críticos, el Equinoccio (21 de marzo y 21 de setiembre) y el Solsticios (21 de junio y 21 de diciembre), en ambos casos se realiza un estudio solar en planta, para determinar el impacto del sol sobre el edificio en tres diferentes horas: 9:00am, 12:00md y 3:00pm, que son consideradas las horas críticas que podrían afectar en mayor medida la temperatura interna del edificio.

### 4.5.1 Equinoccio

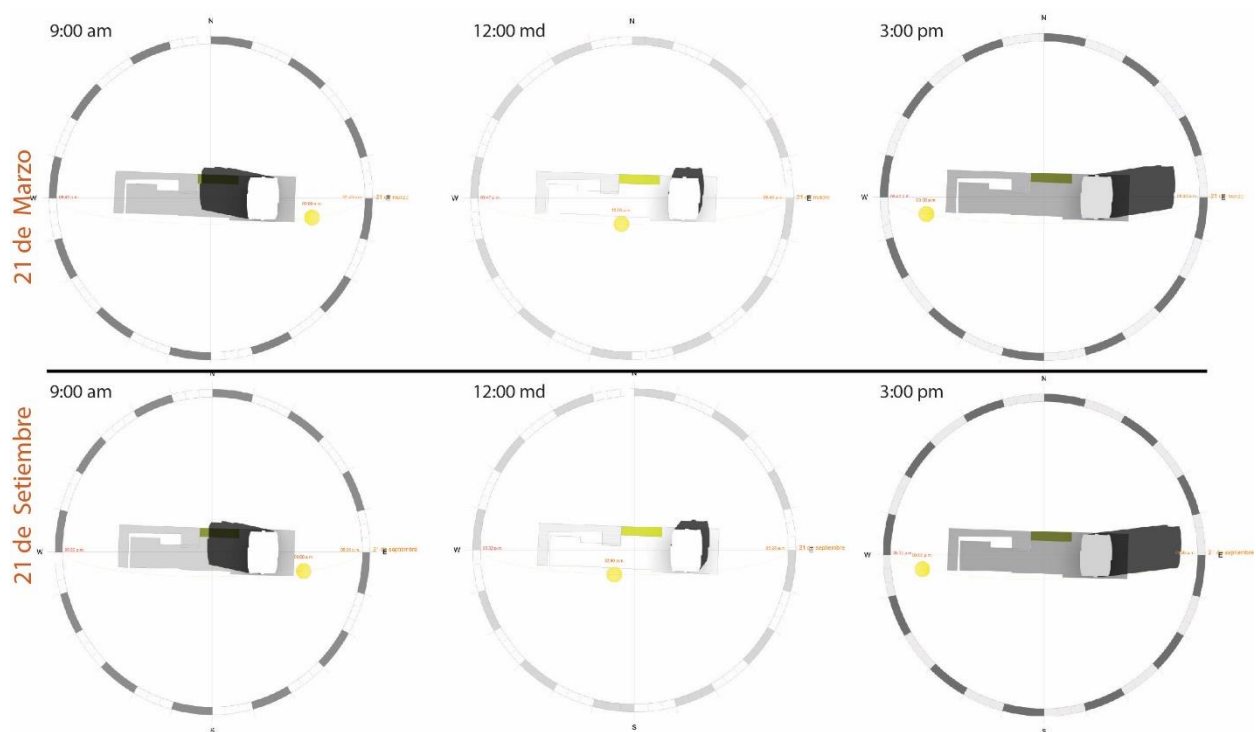


Ilustración 54. Equinoccio 21 de marzo / 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia con apoyo de análisis de incidencia solar del Software REVIT 2016

Se realiza una simulación de incidencia solar para el 21 de marzo y el 21 de setiembre y se determina que el edificio debido al emplazamiento que posee tiene un gran impacto de incidencia solar hacia el interior del edificio.

Las fachadas este y oeste, que son las de mayor área, son las que poseen todas las aberturas por medio de puertas de vidrio y ventanas, lo **que puede llevar a provocar un calentamiento interno del edificio, ya que este no posee actualmente barreras como aleros o parasoles que mitiguen este impacto.**

El edificio para contrarrestar este aspecto utiliza vidrio insulado, y sistemas de ventilación mecánica como aire acondicionado en algunos aposentos, para mantener un clima de confort a lo interno del edificio.

#### 4.5.2 Solsticios

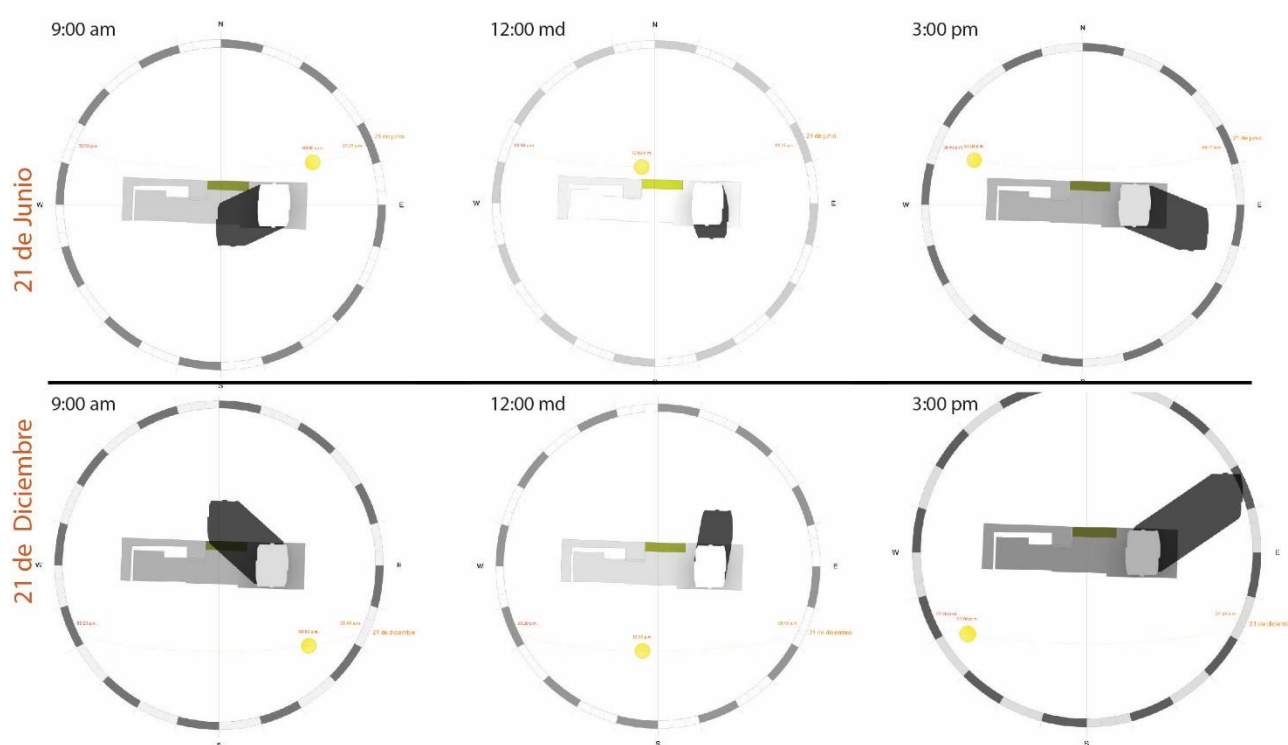


Ilustración 55. Solsticio 21 de junio / 21 de diciembre. Fuente: Elaboración propia con apoyo de análisis de incidencia solar del Software REVIT 2016

Se realiza el análisis de incidencia solar para el 21 de junio y el 21 de diciembre, en donde se determinan que las fachadas este y oeste son las que de igual manera siguen presentando mayor incidencia solar durante el transcurso del día, **la fachada sur que posee impacto durante el 21 de diciembre, no presenta problemas porque no posee aberturas y adicionalmente se encuentra ubicado en ese sector el núcleo de**

**escaleras de emergencias, que es un núcleo cerrado que funciona como barrera y protección del edificio.**

#### 4.6 Análisis General de Vientos

El edificio debido a su altura y ubicación geográfica, en donde no tiene edificios de la misma escala, tiene un gran impacto de los vientos predominantes del noreste, lo que permite mantener una baja temperatura en los apartamentos de la fachada este.

Esto podría aprovecharse como un aspecto positivo para promover la utilización de estrategias pasivas y utilizar la ventilación natural.

Ya en la parte más alta del edificio se recomienda utilizar barreras que mitiguen el impacto directo de vientos, que impidan mantener un estado de confort.

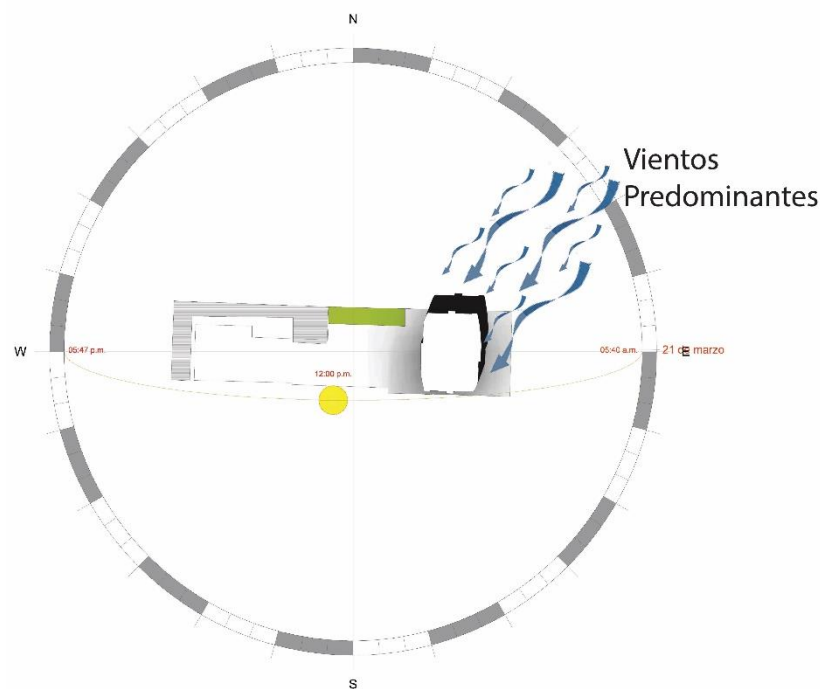


Ilustración 56. Incidencia de los vientos sobre el edificio. Fuente: Elaboración propia

## 4.7 Análisis climático por simulación

Se realizan una serie de estudios por simulación computacional de diferente alcance y profundidad, para evaluar el comportamiento actual del edificio, en donde se profundiza sobre los diversos factores que afectan el confort humano, así como el consumo energético del proyecto

La totalidad del estudio se ha elaborado con base en una interpolación de data climática proyectada al año 2020 según las condiciones establecidas en el escenario A2 del Panel Internacional sobre el Cambio Climático IPCC de la ONU.

A continuación, se enumeran el contenido de los resultados de simulación:

- **Radiación solar e iluminación natural:** en este punto se estarán realizando los siguientes análisis:
  - Análisis de sombreado sobre fachadas
  - Análisis de radiación incidente sobre fachadas
  - Análisis de radiación incidente en espacios internos
  - Análisis de iluminancia (luz incidente en espacio interno)
- **Ventilación natural:** en este punto se estarán realizando los siguientes análisis:
  - Tasa de flujo (velocidad del movimiento del aire)
  - Vectores de flujo (dirección del movimiento del aire)
- **Cargas energéticas para acondicionamiento:** en este punto se estarán realizando los siguientes análisis:
  - Potencial de aprovechamiento fotovoltaico

#### **4.7.1 Radiación solar e iluminación natural.**

Esta categoría de análisis considera las afectaciones y el aprovechamiento de la radiación solar sobre las envolventes del edificio, así como en su interior. Para ello se divide en los siguientes componentes: Análisis de sombreadamiento sobre fachadas, análisis de radiación incidente sobre fachadas, análisis de radiación incidente en el espacio interno, y análisis de Iluminancia (luz incidente).

##### **a) Análisis de sombreadamiento sobre fachadas:**

En una primera etapa de diagnóstico se realiza un estudio de geometría solar. Para ello se separa el análisis de las 4 fachadas que componen el edificio, y se evalúa la incidencia de radiación solar directa sobre las fachadas acristaladas durante las fechas críticas de mayor afectación según su orientación.

De esta manera, las fachadas de predominancia norte son analizadas con proyecciones de sombras correspondientes al solsticio de verano, durante el día 22 de junio, mientras que las fachadas de predominancia sur se evalúan durante el solsticio de invierno, el día 22 de diciembre. Finalmente, las fachadas de orientación predominante hacia el este u oeste se evalúan durante el equinoccio de primavera, día 21 de marzo, dadas sus condiciones de geometría simétrica, así como de baja cobertura nubosa.

##### **Fachada Este**

La primera elevación analizada corresponde a la orientación Este, la cual brinda contacto con el exterior tanto a espacios sociales como privados de todas las viviendas del edificio. A continuación, se presentan las secuencias de incidencia solar correspondientes a horas de la mañana en el caso de fachadas orientadas al este, horas de la tarde para fachadas hacia el oeste, y días completos para fachadas orientadas hacia el norte o hacia el sur.

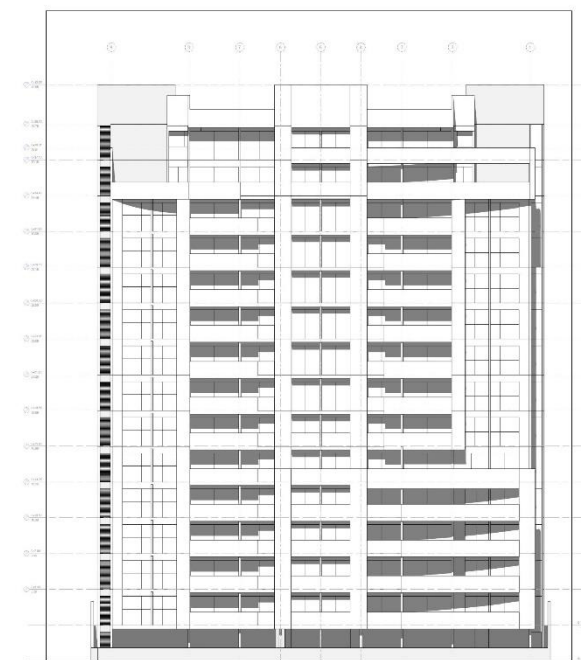
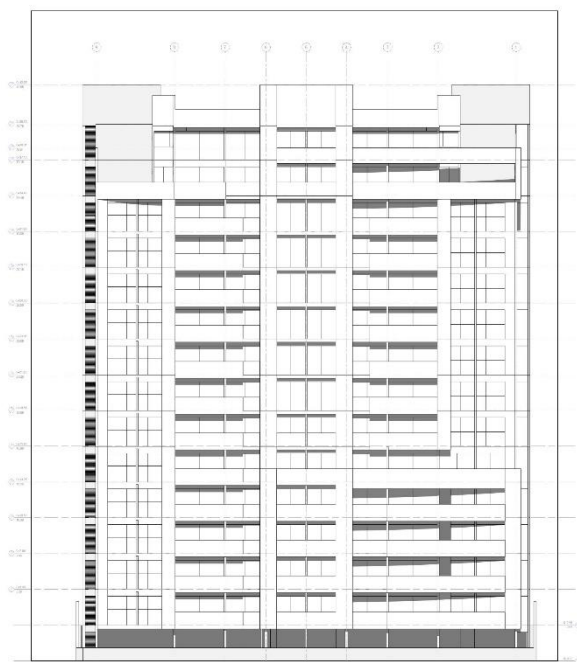
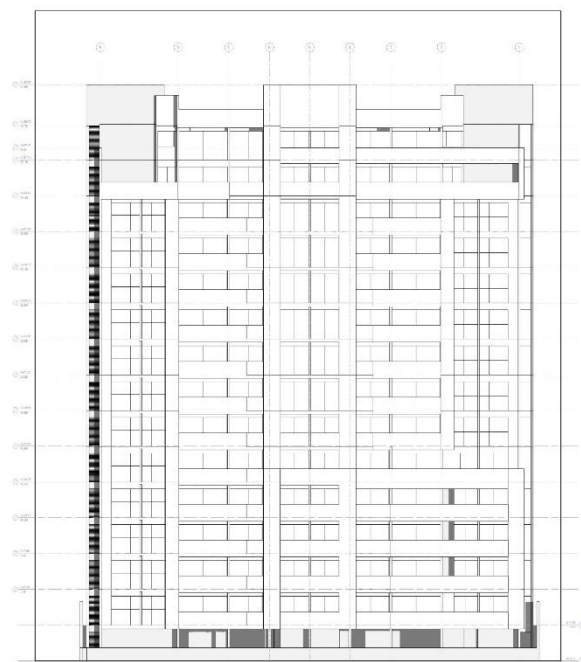
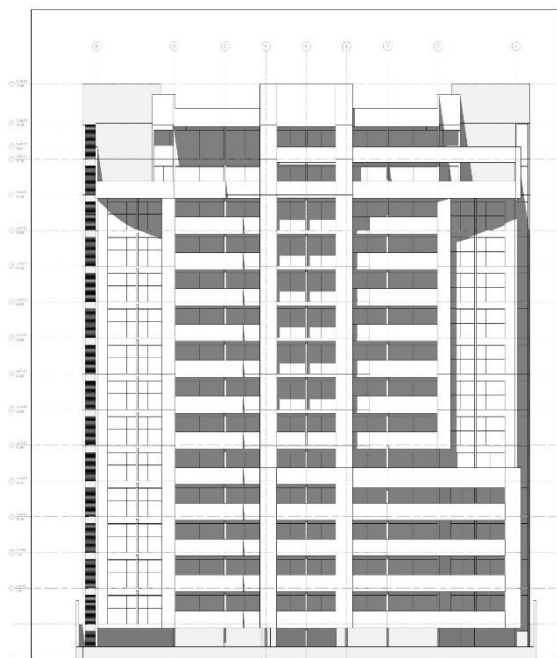


Ilustración 57. Análisis de sombreado, fachada Este de 5:30am a 8:30am. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

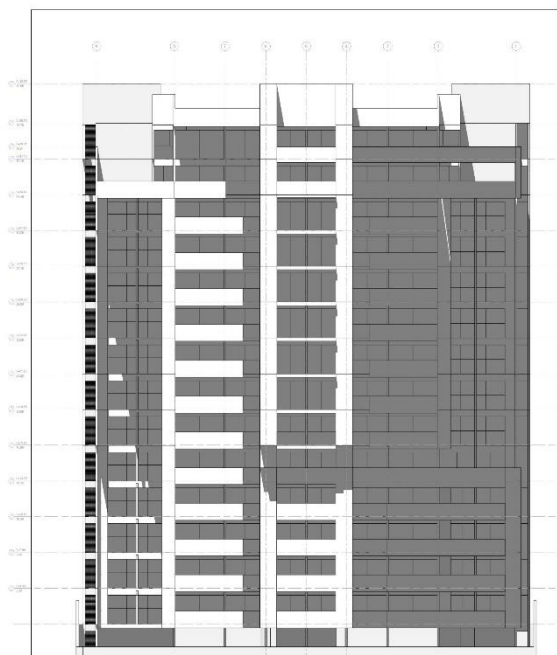
[ 5 of 8 ] [ September 22, 2019 - 09:30 ]



[ 6 of 8 ] [ September 22, 2019 - 10:30 ]



[ 7 of 8 ] [ September 22, 2019 - 11:30 ]



8 ] [ September 22, 2019 - 12:30 ]

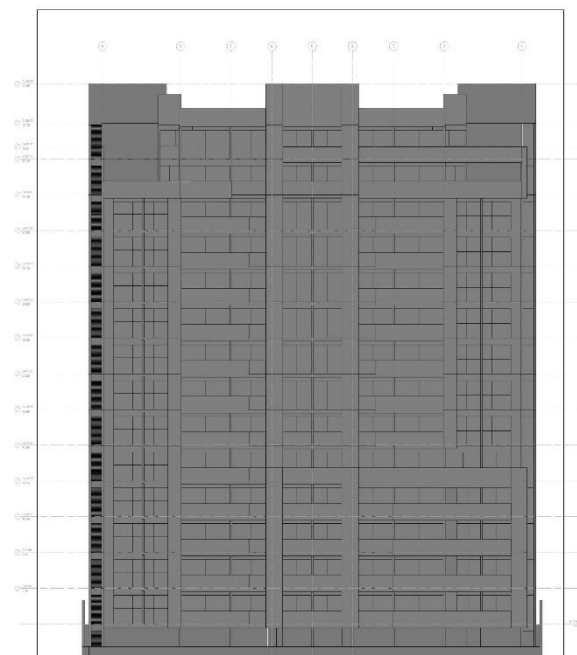


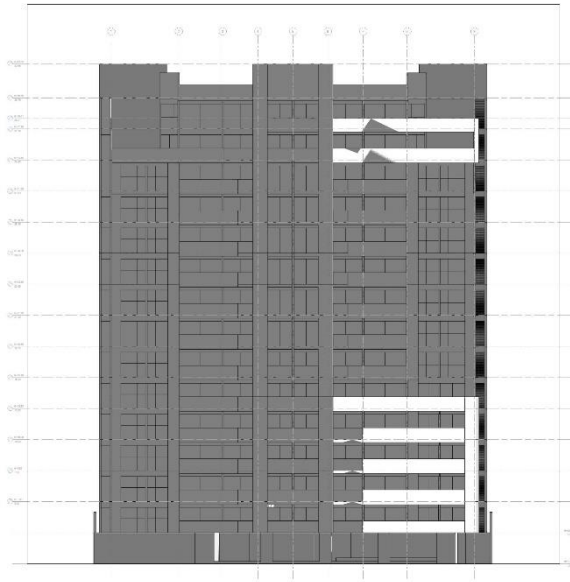
Ilustración 58. Análisis de sombreado, fachada Este de 9:30am a 12:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.



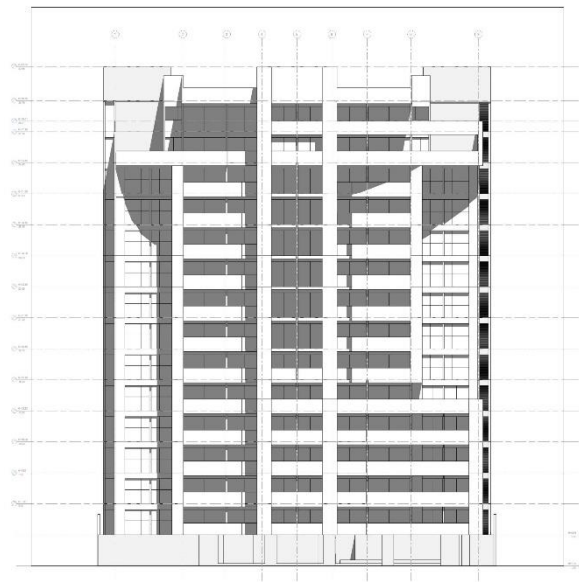
## Fachada Oeste

A continuación, la progresión de sombras para la elevación oeste, estudiadas específicamente durante la fecha de equinoccio de otoño durante el mes de Setiembre, y durante horas de la tarde, a partir de las 11:30am

[ 1 of 8 ] [ September 22, 2019 - 11:30 ]



[ 2 of 8 ] [ September 22, 2019 - 12:30 ]



[ 3 of 8 ] [ September 22, 2019 - 13:30 ]



[ 4 of 8 ] [ September 22, 2019 - 14:30 ]

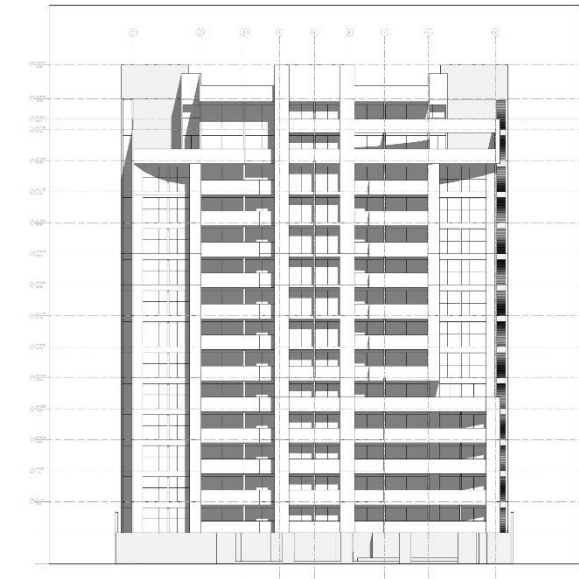


Ilustración 59. Análisis de sombreado, fachada Oeste de 11:30am a 2:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

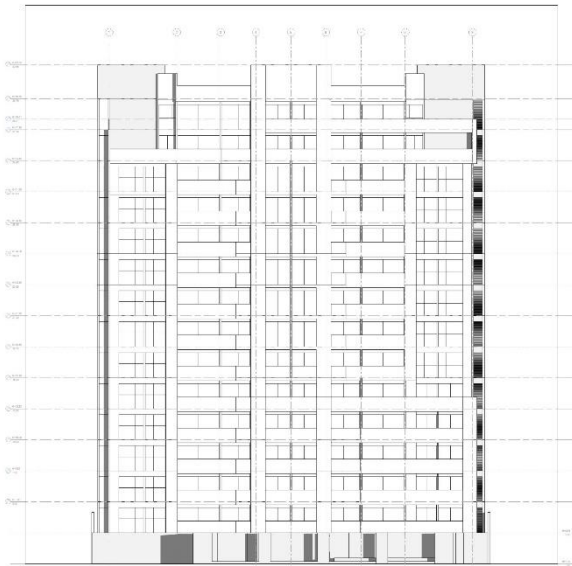
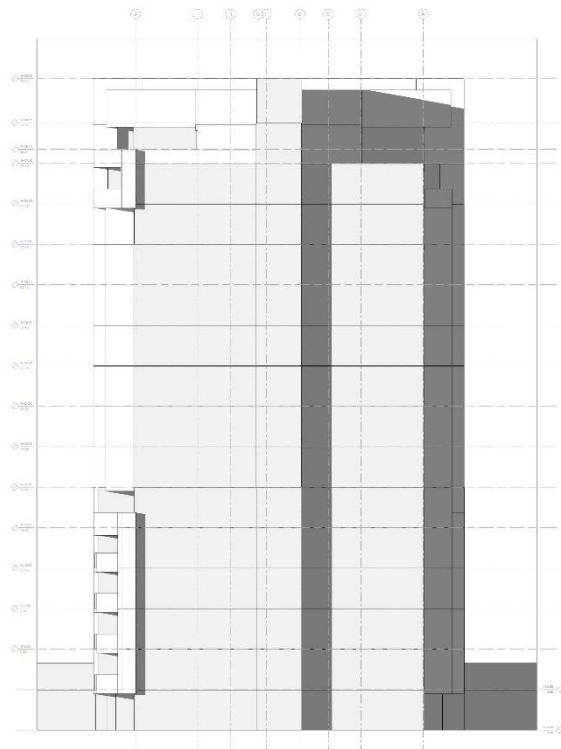


Ilustración 60. Análisis de sombreado, fachada Oeste de 2:30pm a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

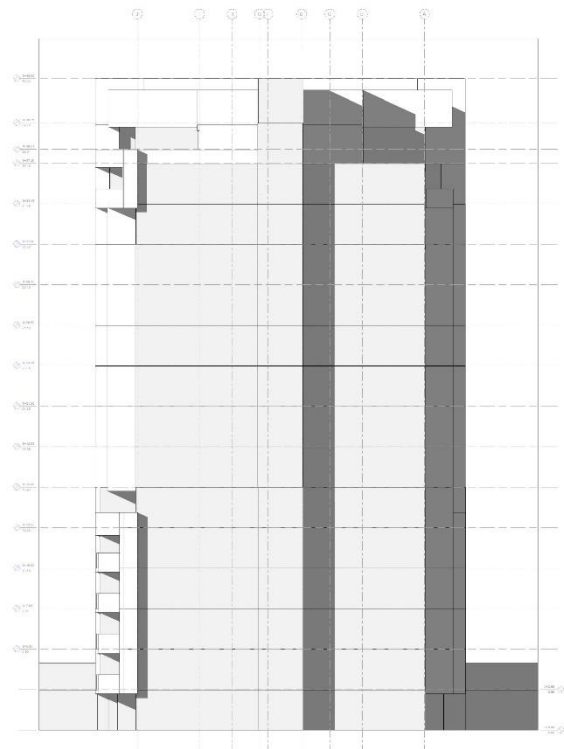
## Fachada Norte

Posteriormente, se evalúa la elevación de predominancia norte, a pesar de no contar con aperturas acristaladas, se aprecia el efecto de la intensa incidencia solar directa a lo largo de todo el día durante solsticio de verano, en el mes de Junio.

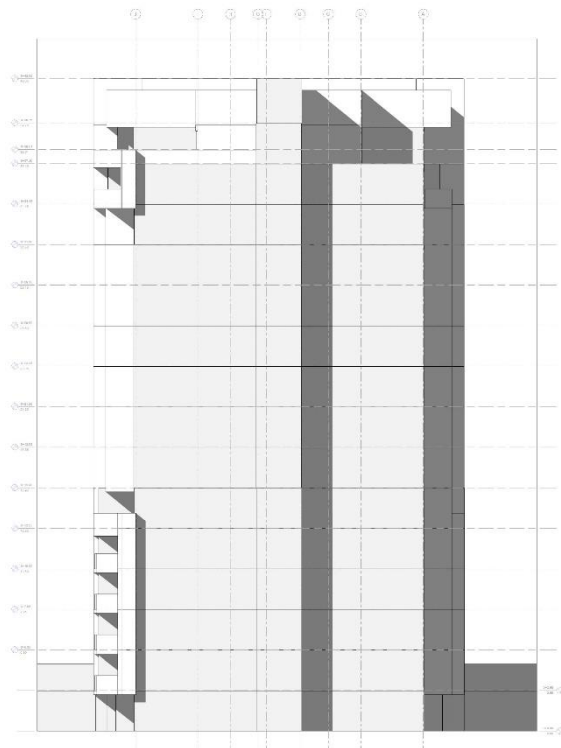
[ 2 of 14 ] [ June 21, 2010 - 06:00 ]



[ 3 of 14 ] [ June 21, 2010 - 07:00 ]



[ 4 of 14 ] [ June 21, 2010 - 08:00 ]



[ 5 of 14 ] [ June 21, 2010 - 09:00 ]

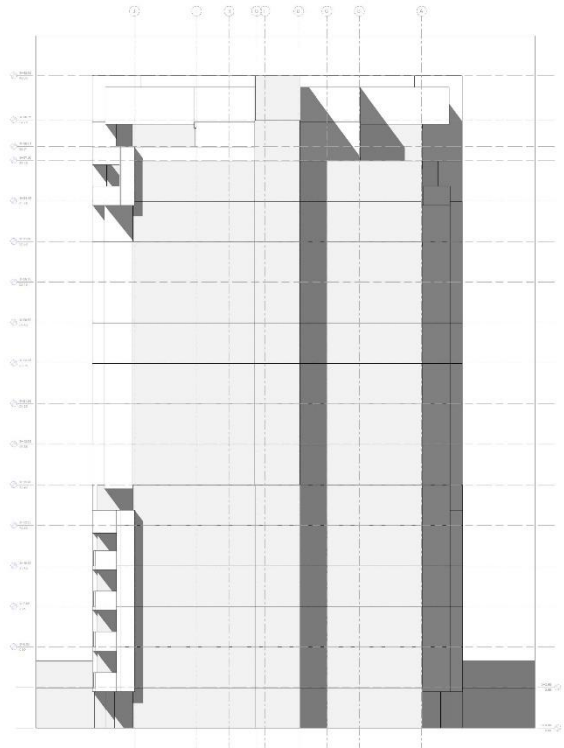
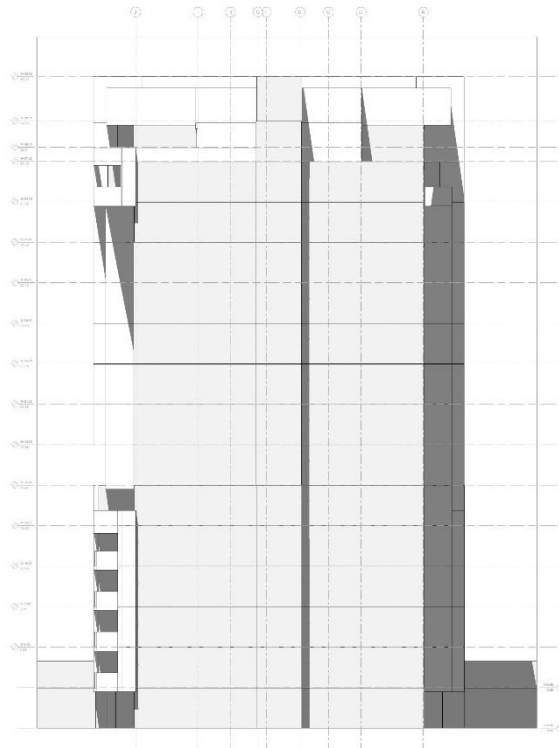


Ilustración 61. Análisis de sombreamiento, fachada Norte de 6:00am a 9:00am. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

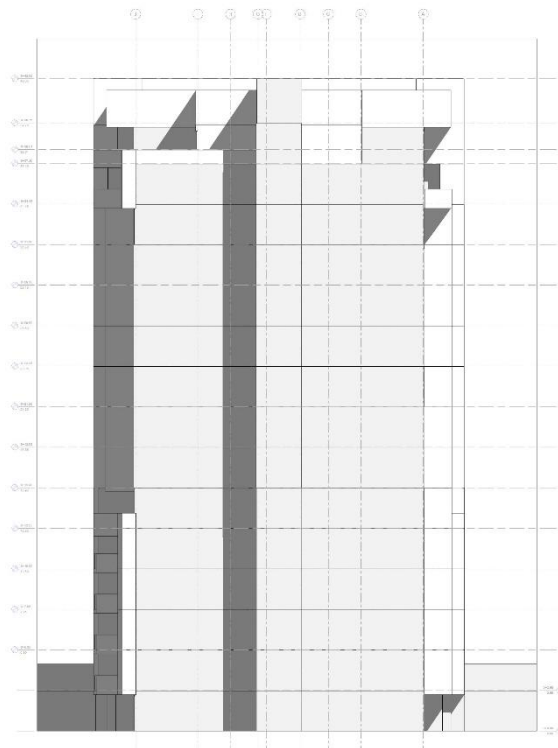
[ 7 of 14 ] [ June 21, 2010 - 11:00 ]



[ 8 of 14 ] [ June 21, 2010 - 12:00 ]



[ 10 of 14 ] [ June 21, 2010 - 14:00 ]



[ 9 of 14 ] [ June 21, 2010 - 13:00 ]

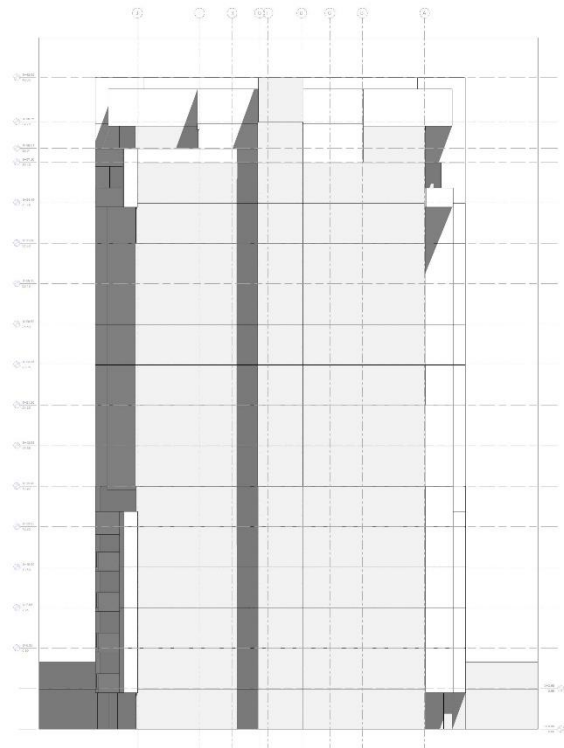
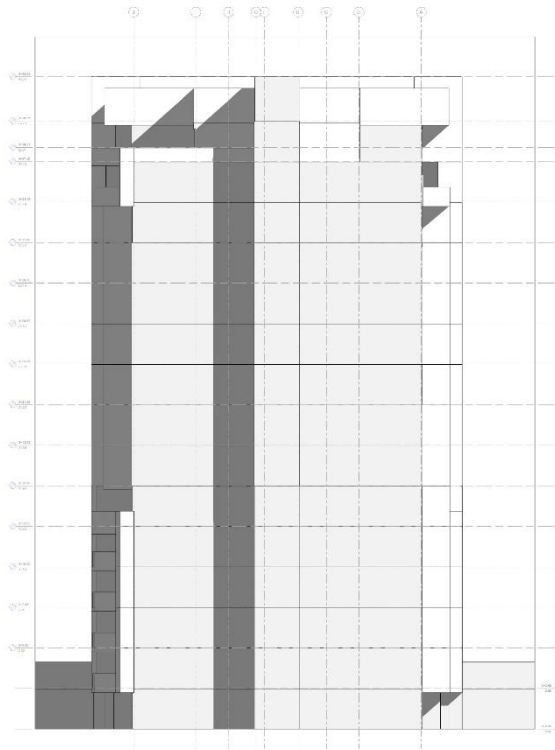
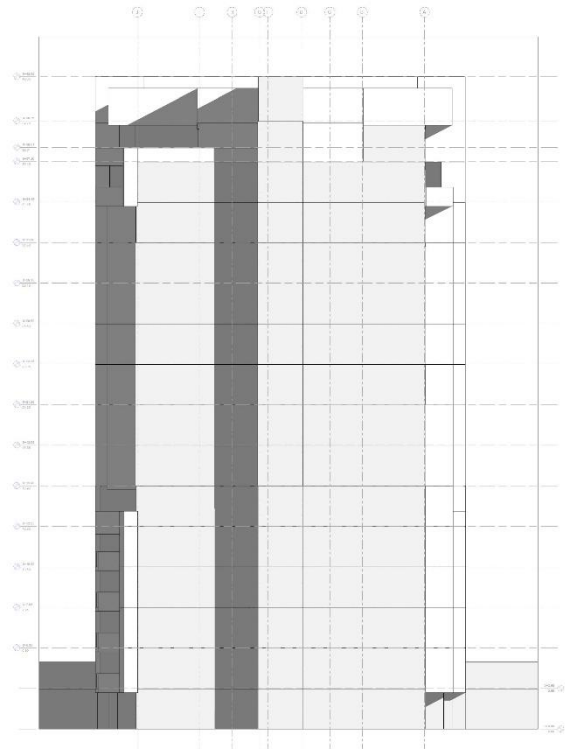


Ilustración 62. Análisis de sombreado, fachada Norte de 11:00am a 1:00pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

[ 11 of 14 ] [ June 21, 2010 - 15:00 ]



[ 12 of 14 ] [ June 21, 2010 - 16:00 ]



[ 13 of 14 ] [ June 21, 2010 - 17:00 ]

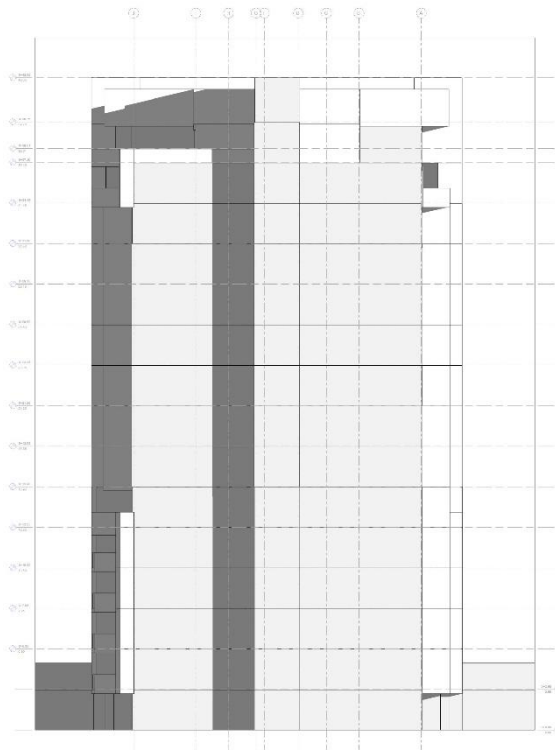
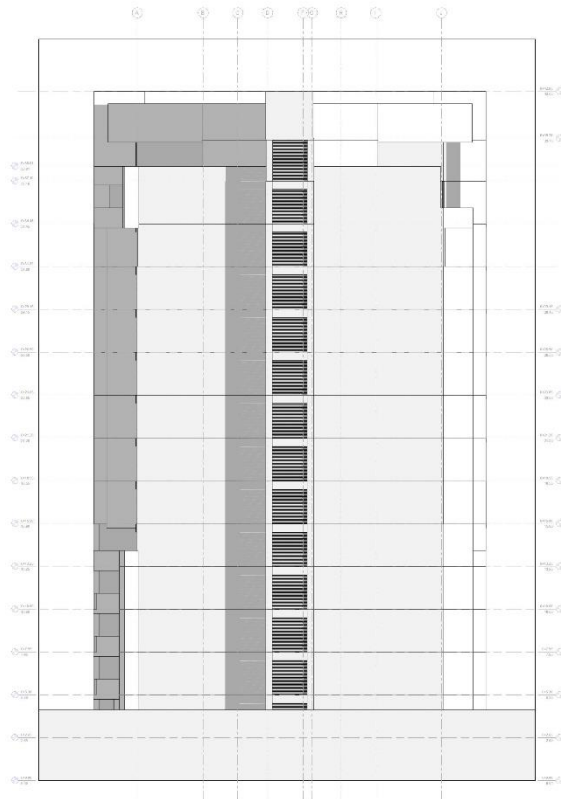


Ilustración 63. Análisis de sombreado, fachada Norte de 1:00pm a 5:00pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

## Fachada Sur

Finalmente se realiza el estudio sobre la elevación Sur, la cual muestra características de diseño similares a la fachada norte, sin aperturas acristaladas, y con una afectación solar sostenida durante la duración del día completo durante el solsticio de invierno en el mes de Diciembre

[ 1 of 13 ] [ December 21, 2010 - 05:30 ]



[ 2 of 13 ] [ December 21, 2010 - 06:30 ]

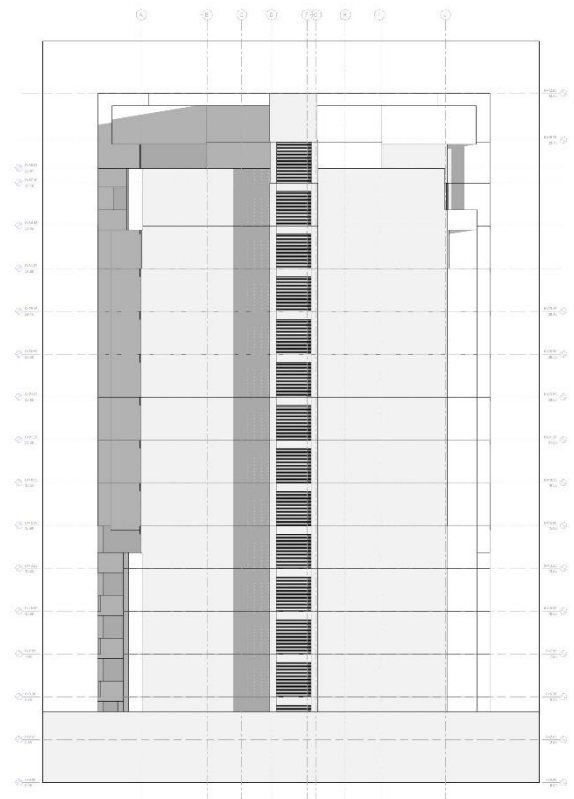


Ilustración 64. Análisis de sombreamiento, fachada Sur de 5:30am a 6:30am. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

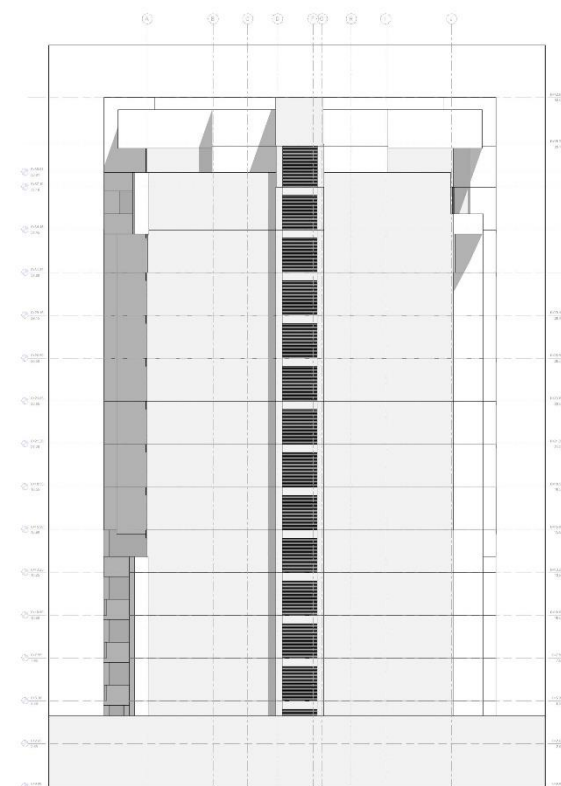
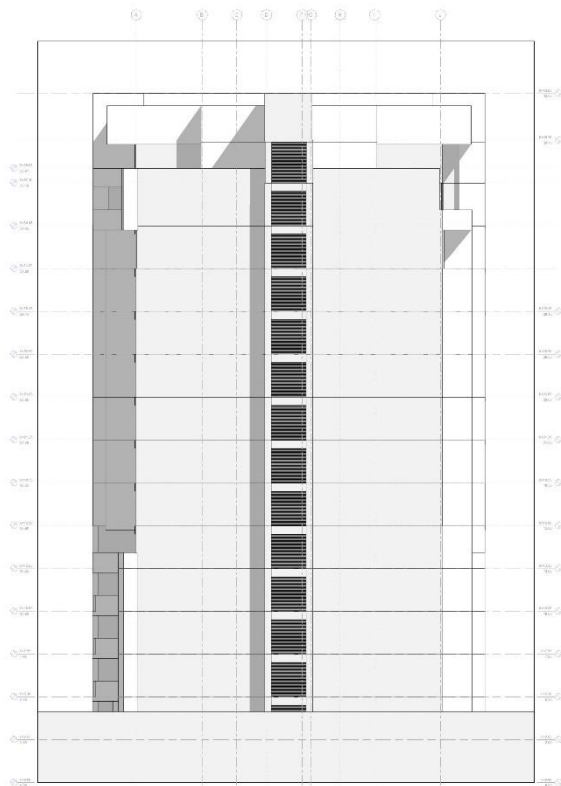
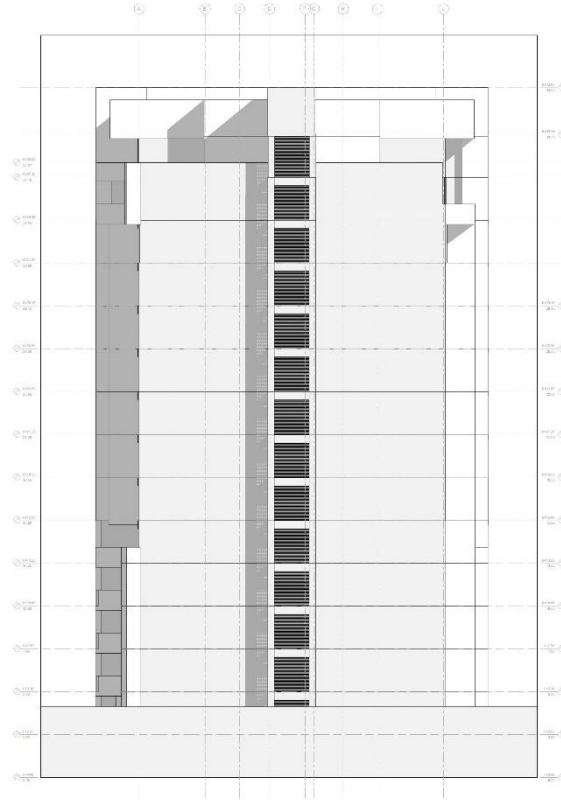
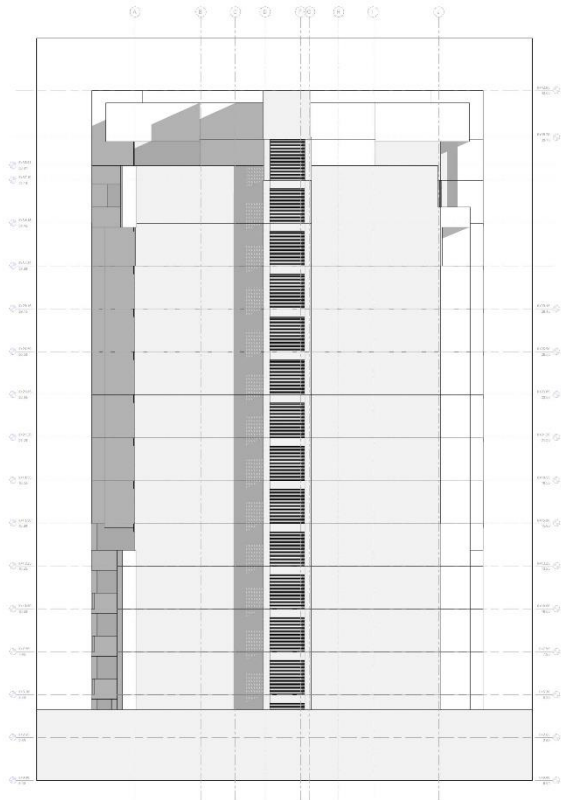
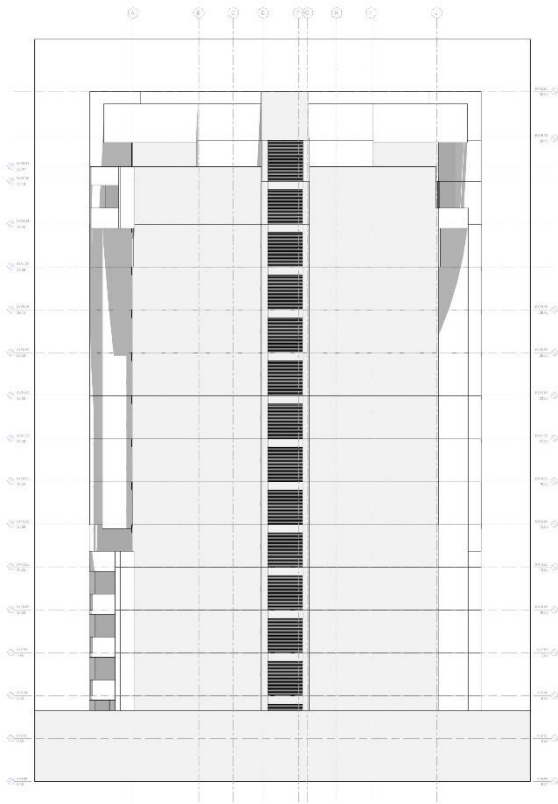
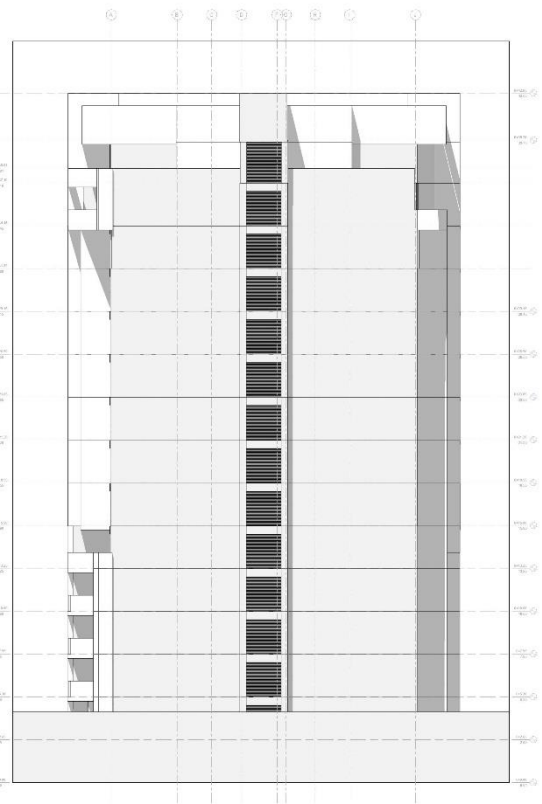
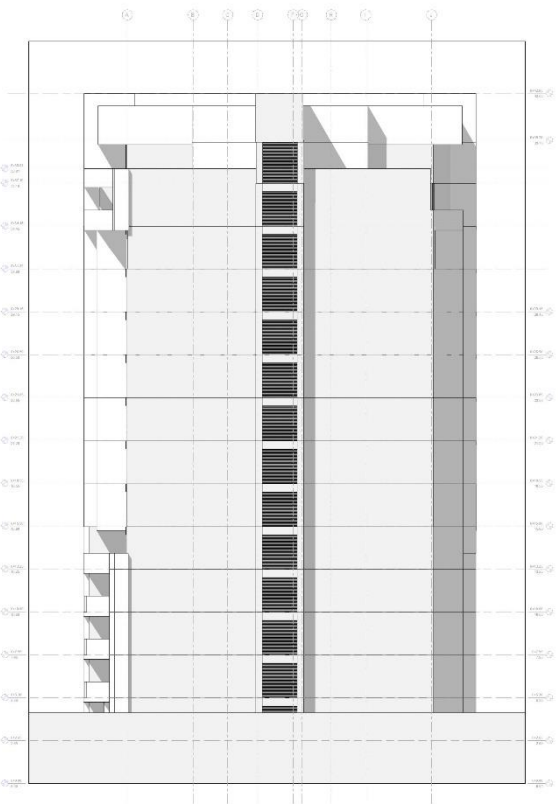


Ilustración 65. Análisis de sombreado, fachada Sur de 7:30am a 10:30am. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.





[ 9 of 13 ] [ December 21, 2010 - 13:30 ]



[ 10 of 13 ] [ December 21, 2010 - 14:30 ]

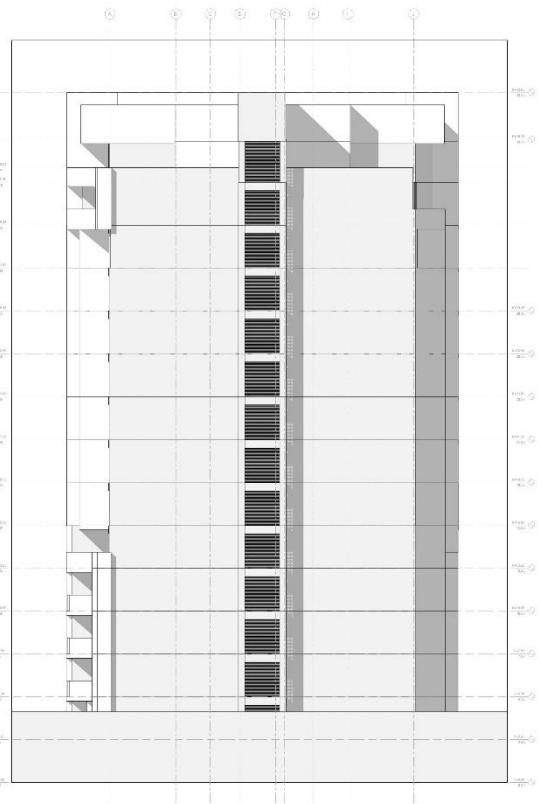


Ilustración 66. Análisis de sombreamiento, fachada Sur de 11:30am a 2:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.



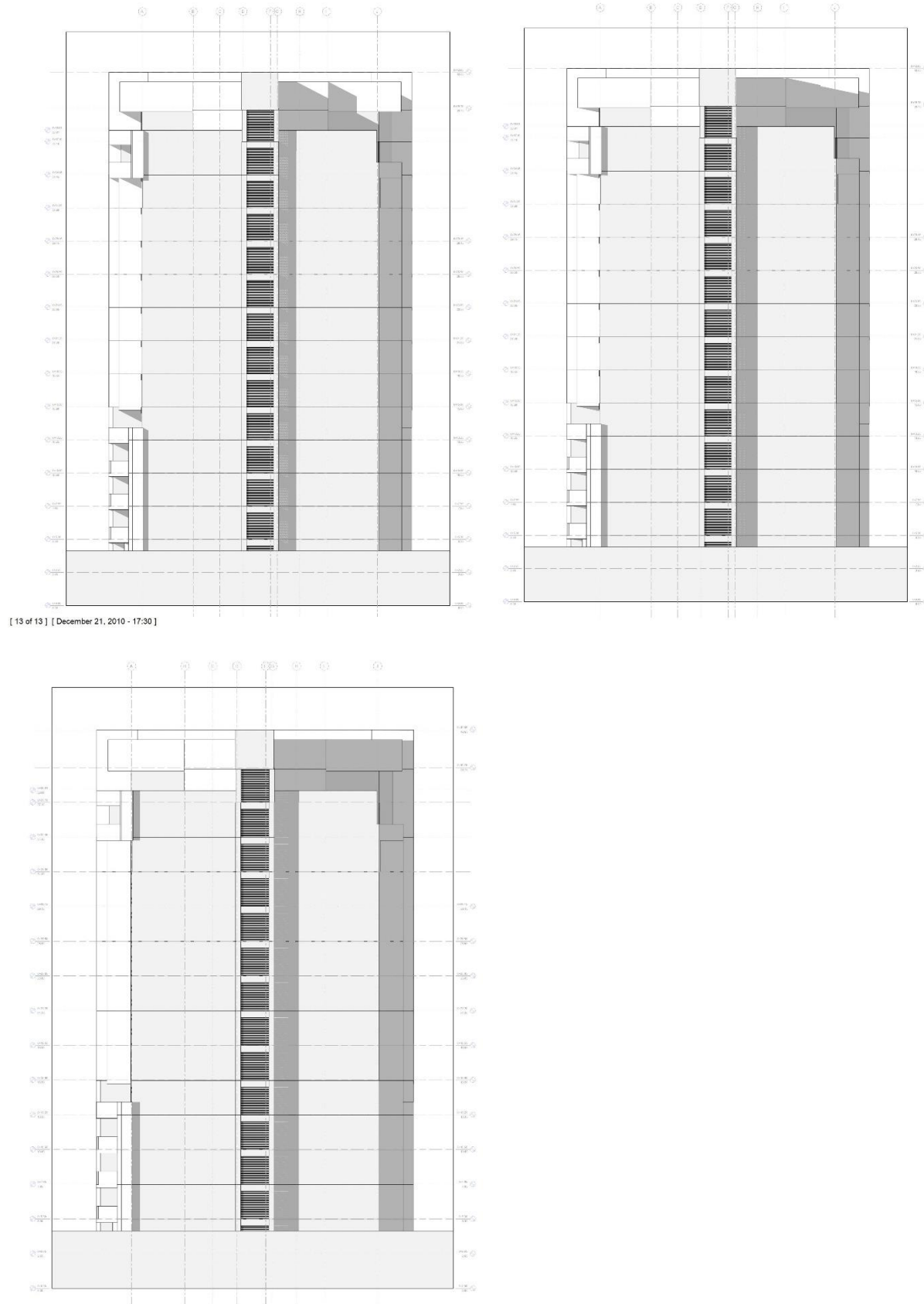


Ilustración 67. Análisis de sombreado, fachada Sur de 3:30pm a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

Del anterior análisis podemos concluir que existe una moderada sensibilidad geométrica a la radiación solar, producto de una orientación parcialmente expuesta a las inclinaciones solares por parte de las fachadas Este y Oeste en horas de mañana y tarde, pero compensado mediante un manejo relativamente efectivo de proyecciones de cubiertas y aleros.

Específicamente, la fachada Este recibe cuotas de energía radiante relativamente altas durante la mañana, hasta antes de las 10:30am, la cual afecta más intensamente a los apartamentos de los extremos Norte y Sur, dada la inexistencia de balcones, y el sombreado que estos proveen.

Por la tarde, la misma situación afecta a la fachada Oeste a partir de las 3:00pm, lo cual podría conllevar a un mayor riesgo de discomfort térmico, considerando una temperatura del aire mayor durante este periodo del día.

Por su parte las fachadas de predominancia Norte y Sur no enfrentan problemas de incidencia excesiva gracias a su diseño arquitectónico, sin embargo, este factor dificulta el aprovechamiento de la ventilación natural a través de estas fachadas.

### **b-) Análisis de radiación incidente sobre fachadas**

La siguiente categoría de análisis se basa en la cuantificación específica de radiación solar directa acumulada sobre los planos verticales de diversos niveles del edificio.

Esta radiación incidente se pondera entre las horas totales durante las cuales se acumula, para obtener el valor promedio de radiación recibida por cada hora, la cual debería mantenerse bajo un umbral de  $200\text{Wh/m}^2$  para evitar una acumulación excesiva de calor en dicho espacio.

#### **Fachada Este**

Una vez más, se inicia por el análisis del edificio por la orientación Este, la cual combina un programa de áreas sociales, y privadas. En este caso, se presentan los resultados de simulación sobre la transición entre los niveles 5, 6, y 7, con el objetivo

de apreciar las implicaciones de los cambios geométricos de la fachada. De manera consistente con lo observado en el análisis de sombreadamiento, los espacios en los cuales se aprecia mayor afectación por radiación solar directa son los apartamentos del extremo Sur en los niveles del 2 al 5. Sin embargo, este efecto se aprecia también sobre los apartamentos del extremo Norte a partir del 6to nivel, donde la radiación recibida alcanza los  $168 \text{ Wh/m}^2$ , los cuales no implican un riesgo significativo de sobrecalentamiento durante las primeras horas de la mañana.

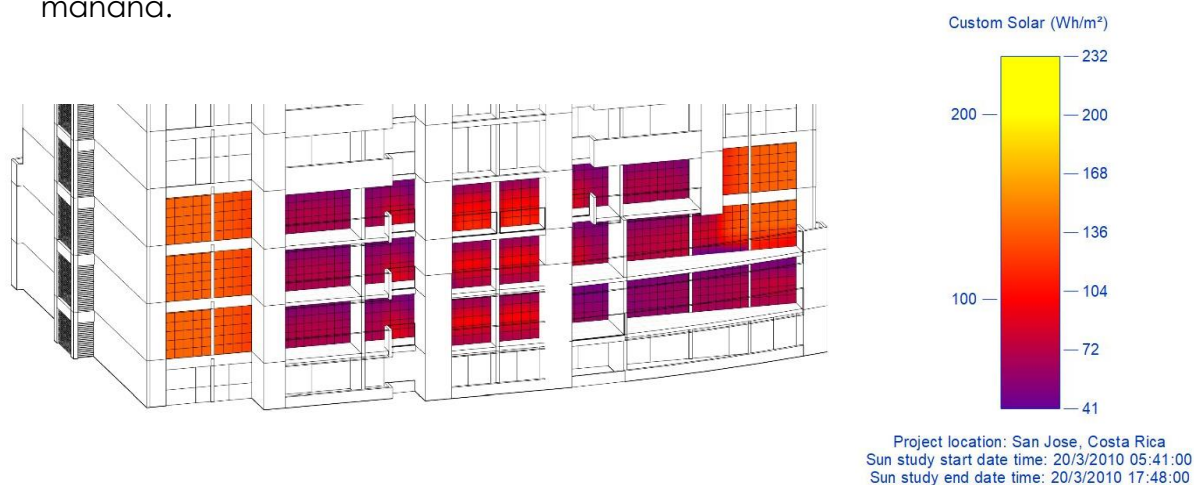


Ilustración 68. Análisis de radiación incidente en fachada Este periodo de 5:40am a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

### Fachada Oeste

La elevación Oeste por su parte se encuentra dentro de los valores más críticos de la escala, con promedios máximos de  $232 \text{ Wh/m}^2$  con una acumulación de radiación directa sumamente alta durante las horas de la tarde.

Una vez más, esta incidencia afecta principalmente a las unidades de las esquinas Norte y Sur, sin embargo, los apartamentos del extremo norte entre los niveles del 2 al 5 se protegen gracias a los balcones de la fachada.

En cuanto a las unidades centrales del edificio, estas sufren también de valores de irradiación altos entre los niveles del 6 al 13, específicamente en los espacios de Dormitorio Principal.

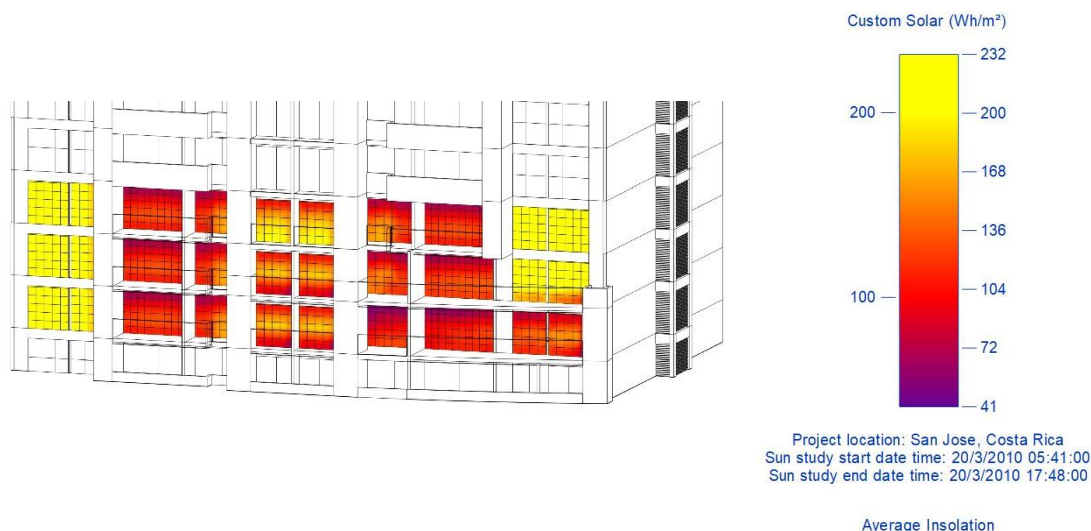


Ilustración 69. Fuente: Análisis de radiación incidente en fachada Oeste periodo de 5:40am a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

### Fachada Oeste nivel Penthouse

Finalmente, se analiza la orientación Oeste sobre los dos últimos niveles del edificio denominados Penthouse. Aquí se logra apreciar una mitigación eficiente en el nivel 15, por parte de los aleros con tapichel que se extienden horizontalmente por sobre sus fachadas acristaladas. A pesar de esto, sí existe una afectación sobre el nivel 14, específicamente sobre el apartamento del extremo Norte, donde los valores promedio de irradiación horaria una vez más alcanzan los 232 Wh/m<sup>2</sup>. En este espacio se requiere un mejor manejo del diseño de la envolvente principal.

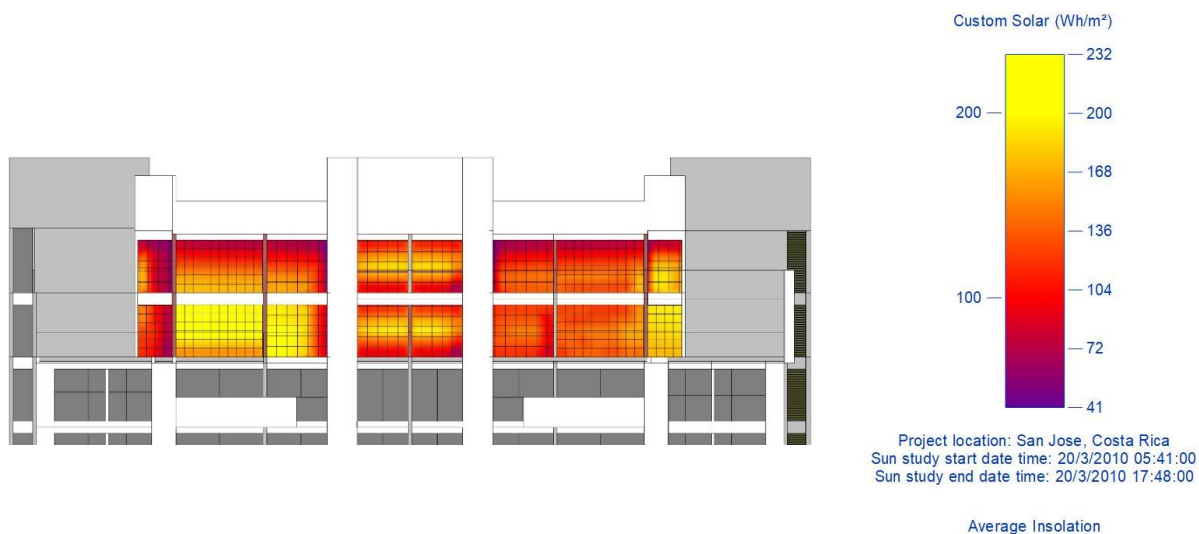


Ilustración 70. Análisis de radiación incidente en Nivel de Penthouse, fachada Oeste periodo de 5:40am a 5:30pm. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

### C-) Análisis de radiación incidente sobre el espacio interno

El análisis de energía radiante que ingresa al espacio interno permite visualizar la profundidad del ingreso de la radiación, sobre un plano horizontal, a 70cm de altura sobre el NPT. De esta manera es posible hacer una estimación más precisa de los espacios afectados por el riesgo de sobre calentamiento.

#### Análisis del nivel 2° al nivel 6°

Inicialmente se analiza el nivel 4, como representación típica de los niveles del 2 al 6. De manera consistente, los resultados permiten identificar claramente una sobreexposición de energía térmica en los apartamentos de orientación Oeste, con valores pico en el orden de los 223 Wh/m<sup>2</sup>, por encima del valor de referencia establecido como máximo admisible. Las áreas más afectadas por la radiación solar corresponden a los dormitorios. A pesar de esto, los espacios más alejados de la fachada, por su parte, se encuentran bien protegidos de una irradiancia excesiva, y no se prevé una acumulación de energía térmica significativa. Esto es particularmente notable en los espacios de servicios sanitarios y cocina.

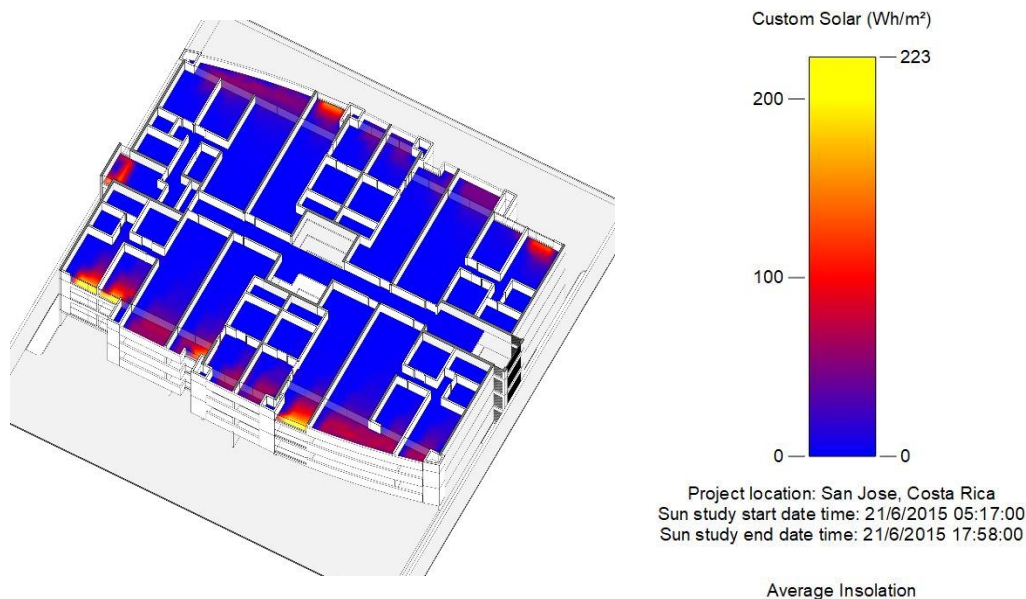


Ilustración 71. Análisis de radiación incidente sobre el espacio interno (Nivel 2° al 6°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

### Análisis del nivel 7° al nivel 13°

Posteriormente se analiza el nivel 10 como representación de los niveles del 7 al 13, los cuales muestran una mayor profundidad e intensidad en la penetración de radiación solar directa en sus espacios internos. Como se describió anteriormente, los espacios más susceptibles al impacto sostenido de radiación solar son los dormitorios y el área de sala comedor. Mediante la simulación computacional, es posible cuantificar que los valores de irradiancia horaria superan la referencia de límite tolerable de 200 Wh/m<sup>2</sup>, alcanzando valores pico de 217 Wh/m<sup>2</sup>.

Estos resultados indican la necesidad de un mejor manejo de la envolvente Oeste particularmente en los niveles del 7 al 13.

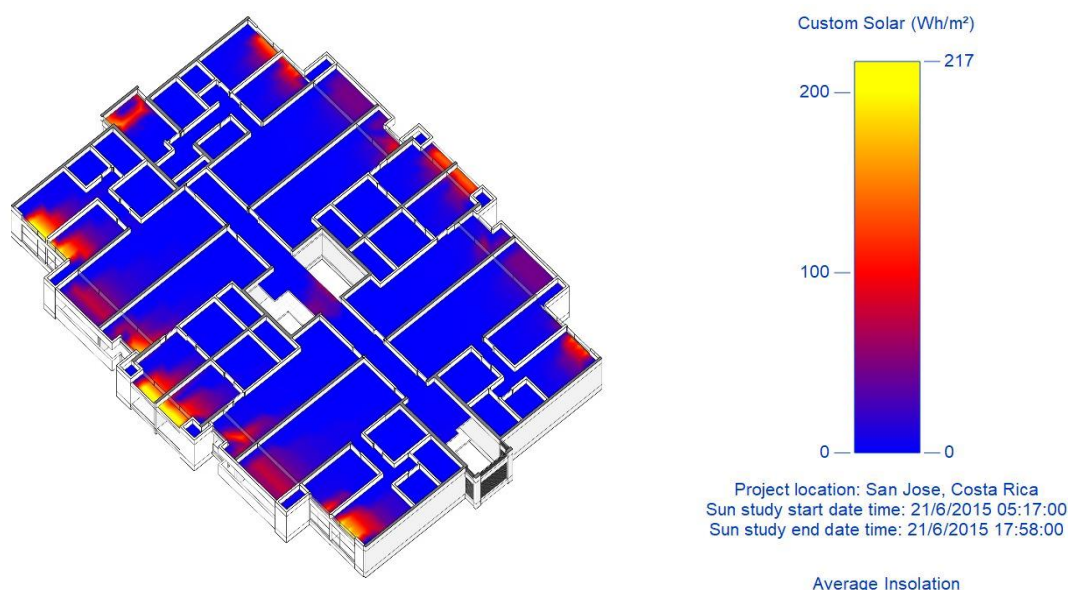


Ilustración 72. Análisis de radiación incidente sobre el espacio interno (Nivel 7° al 13°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

Al analizar el nivel 14, se aprecia una afectación significativamente inferior y valores máximos situados entre los 100 y 160 Wh/m<sup>2</sup>, con la excepción del apartamento de la esquina Nor-Oeste, el cual presenta valores promedios máximos de 217 Wh/m<sup>2</sup>. En este caso, la profundidad también es significativa, lo cual indica un alto potencial de sobrecalentamiento de este espacio durante horas de la tarde.



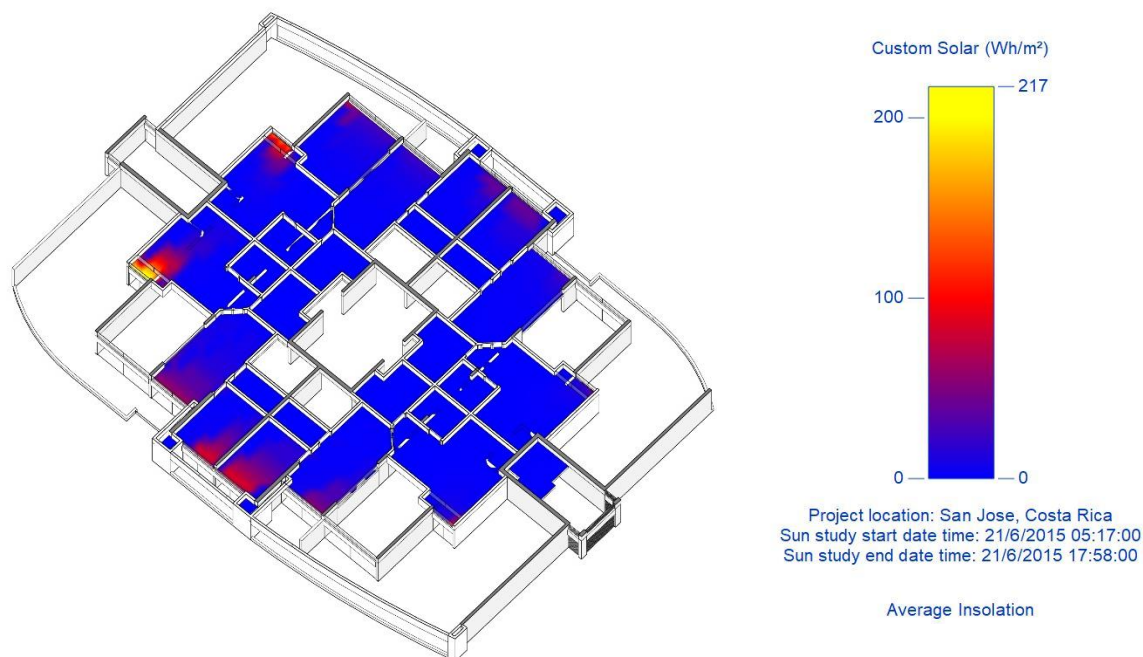


Ilustración 73. Análisis de radiación incidente sobre el espacio interno (Nivel 14° Pent-house) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

#### **d-) Análisis de iluminación natural**

Posteriormente a los análisis de sombras e irradiancia, se procedió a realizar una simulación de los niveles de iluminancia (iluminación recibida sobre un plano horizontal a 70cm del suelo), y su correlación con un rango de idoneidad para el desarrollo de tareas de distinta intensidad visual. Inicialmente, en una medición de los niveles de iluminancia absoluta, se determinó un rango admisible entre los 200 y los 2000 luxes, fuera de los cuales el espacio presenta una iluminación insuficiente para el desarrollo de las tareas más básicas, o demasiado excesivo, con una consecuente acumulación de energía térmica y un alto riesgo de deslumbramiento por reflejos directos.

#### **Nivel 2° al nivel 6°**

Al analizar el nivel 4, se aprecia dos comportamientos interesantes en la distribución de la iluminación natural dentro del espacio interno. Por una parte, la uniformidad en la distribución es baja, con altos contrastes en los niveles de intensidad, por otro lado, el alcance del ingreso de iluminación desde las fachadas Este y Oeste es insuficiente para alcanzar los espacios más cercanos al pasillo de circulación central dentro del edificio. El resumen de resultados se observa a continuación:



**Custom Analysis**

For all Rooms Included in Daylighting

Total Both - 16% Passing

75% either time below threshold

9% either time above threshold

9:00 a. m. - 30% Passing

septiembre 21

GHI: 448, DNI: 616, DHI: 88

66% below threshold

3% above threshold w/o shades

3:00 p. m. - 35% Passing

septiembre 21

GHI: 624, DNI: 717, DHI: 92

58% below threshold

6% above threshold w/o shades

En este nivel, la simulación indica que el principal problema resulta de un déficit lumínico tanto en horas de la mañana (66% del área bajo los 200Lx) como de la tarde (58% del área bajos los 200Lx). La distribución geométrica de esta iluminación se aprecia a continuación:

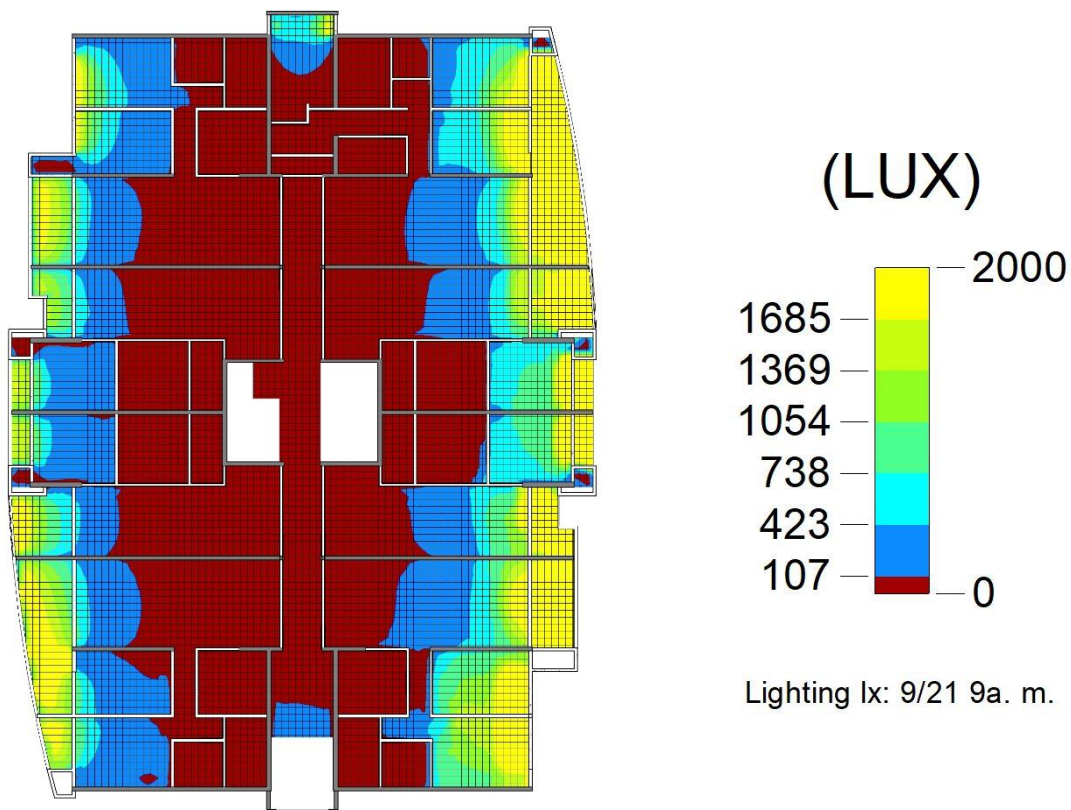


Ilustración 74. Análisis de Iluminación natural dentro de los aposentos (Nivel 2° al 6°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

Los espacios anteriormente mencionados como de servicio, incluyendo la cocina y las áreas de circulación común del edificio, son los más afectados por esta falta de uniformidad en la distribución lumínica, con valores situados entre los 0 y 107 Lx. Esto implica una dependencia prácticamente del 100% de sistemas de iluminación artificial.

### Nivel 7° al nivel 13°

Posteriormente, se realizó el análisis del nivel 10, según los mismos parámetros de simulación con iteraciones de prueba a las 9:00am y 3:00pm según los parámetros del estándar CIE.

En este caso, de manera similar al caso anterior, es posible apreciar una mayoría de los espacios internos no sobrepasan el límite superior de 2000 Lx con respecto del rango de idoneidad, mientras que, por el contrario, muestran valores por debajo de los 200Lx, con las únicas excepciones de las áreas cercanas a las fachadas Este y Oeste, tal y como lo muestran las siguientes imágenes:

#### Lighting Analysis - Results Summary

##### Custom Analysis

For all Rooms Included in Daylighting

Total Both - 23% Passing

66% either time below threshold

12% either time above threshold

9:00 a. m. - 37% Passing

septiembre 21

GHI: 448, DNI: 616, DHI: 88

59% below threshold

4% above threshold w/o shades

3:00 p. m. - 37% Passing

septiembre 21

GHI: 624, DNI: 717, DHI: 92

54% below threshold

9% above threshold w/o shades

Una vez más resulta claro que el principal problema resulta de un déficit lumínico tanto en horas de la mañana (59% del área bajo los 200Lx) como de la tarde (54% del área bajos los 200Lx).

Sin embargo, a diferencia de los niveles inferiores, los porcentajes del área dentro del rango de idoneidad (entre los 200Lx y 2000Lx) mejoran levemente y se sitúan en un 37% tanto por la mañana como por la tarde.

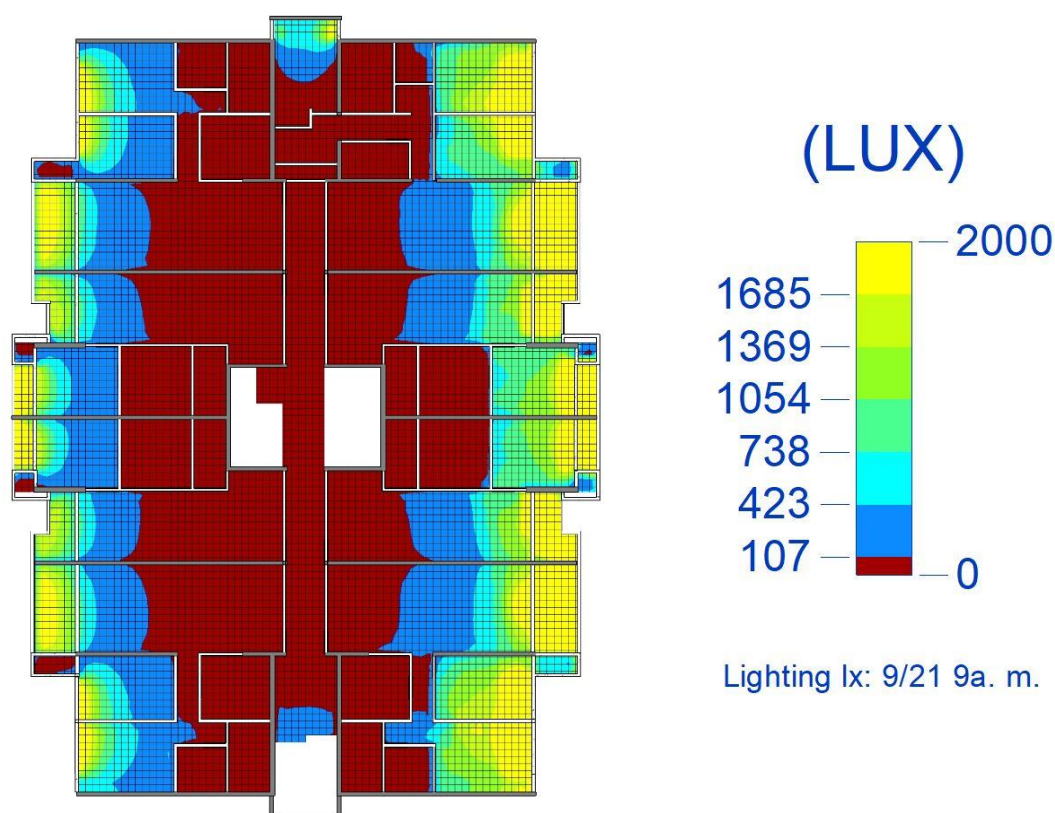


Ilustración 75. Análisis de Iluminación natural dentro de los aposentos (Nivel 2° al 6°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

### Nivel 14° y 15°

El último nivel analizado dentro de esta categoría corresponde al Penthouse, el cual inesperadamente, muestra el mejor rendimiento de iluminación natural de los 3 sectores en el Edificio.

En este caso, cerca de la mitad del área total de la planta tanto en orientaciones Este y Oeste, muestran valores visualmente confortables, con un promedio combinado del 23% dentro del rango de idoneidad.

Sin embargo, este porcentaje se eleva a un 40% en el caso de la simulación de las 9:00am, y a un 44% en el caso de la prueba a las 3:00pm.

Este comportamiento puede apreciarse visualmente a continuación:

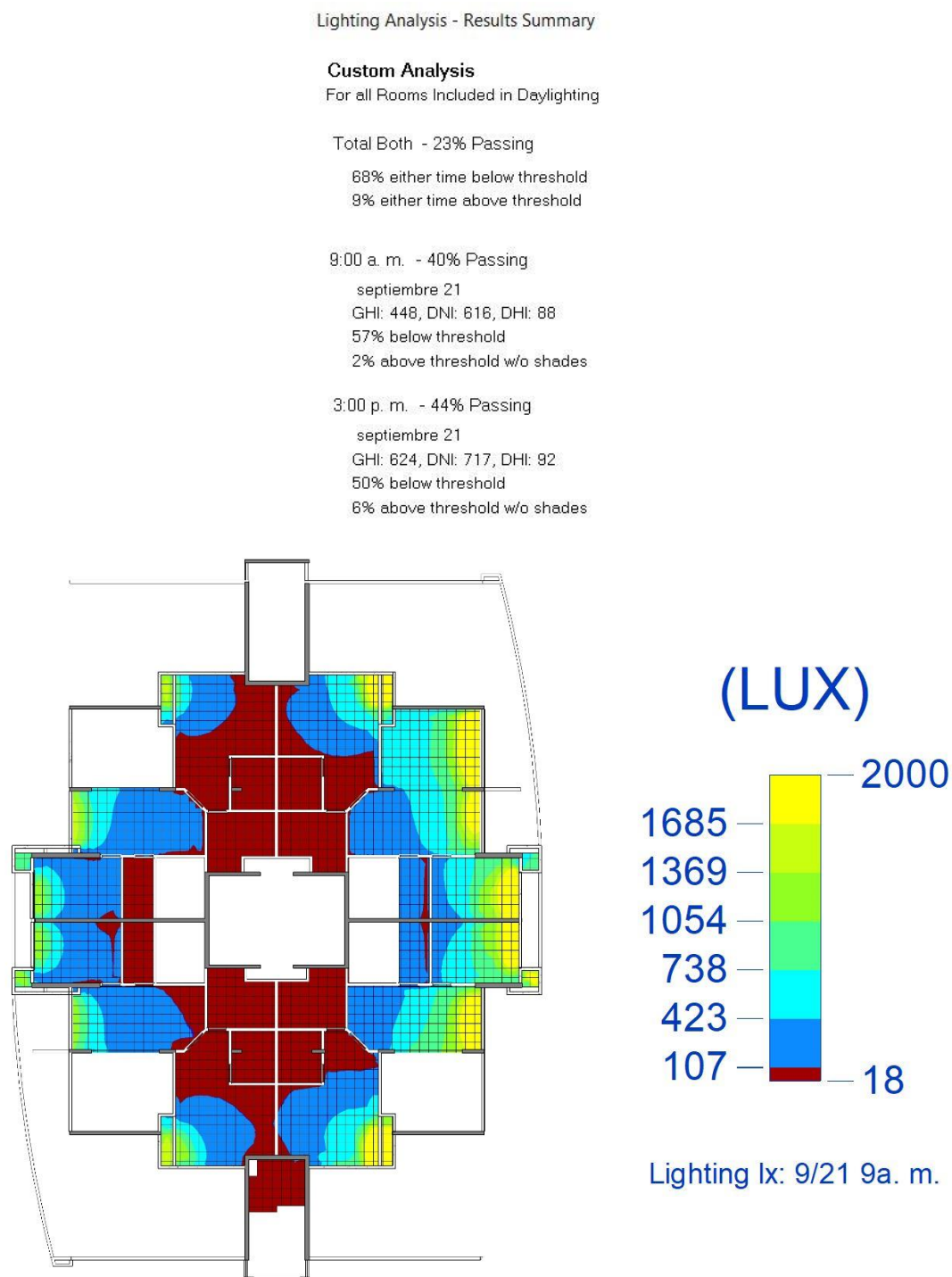


Ilustración 76. Análisis de Iluminación natural dentro de los aposentos (Nivel 2° al 6°) Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.



A pesar de lo anterior, persisten problemas de uniformidad e insuficiencia lumínica en múltiples espacios internos, específicamente los más cercanos al núcleo de circulación vertical central, y el pasillo de acceso a las unidades habitacionales.

En estos casos, el porcentaje de área deficitaria es del 57% durante la mañana y del 50% durante la tarde.

#### 4.5.2 Ventilación Natural

Esta categoría de análisis considera las afectaciones y el aprovechamiento de la incidencia eólica a efectos de lograr ventilar naturalmente los espacios internos de los edificios. El objetivo fundamental de esta estrategia es la remoción de una excesiva acumulación térmica, y humedad producto de la ocupación humana, y la alta humedad relativa del aire específicamente durante la estación lluviosa. El edificio fue simulado con un vector predominante de incidencia proveniente del Este-Noreste, con una apertura angular de 30° respecto del Este según el análisis micro climático presentado anteriormente.

##### a-) Presión de aire sobre la envolvente

El primer análisis por desarrollar contempla la totalidad del edificio y efectúa una simulación de la presión de aire incidente sobre la envolvente del mismo. De esta manera es posible visualizar las regiones de presión positiva por donde es factible introducir flujos de aire fresco al interior, así como las regiones de presión negativa, por donde resulta ideal crear aperturas para la extracción del aire viciado hacia el exterior.

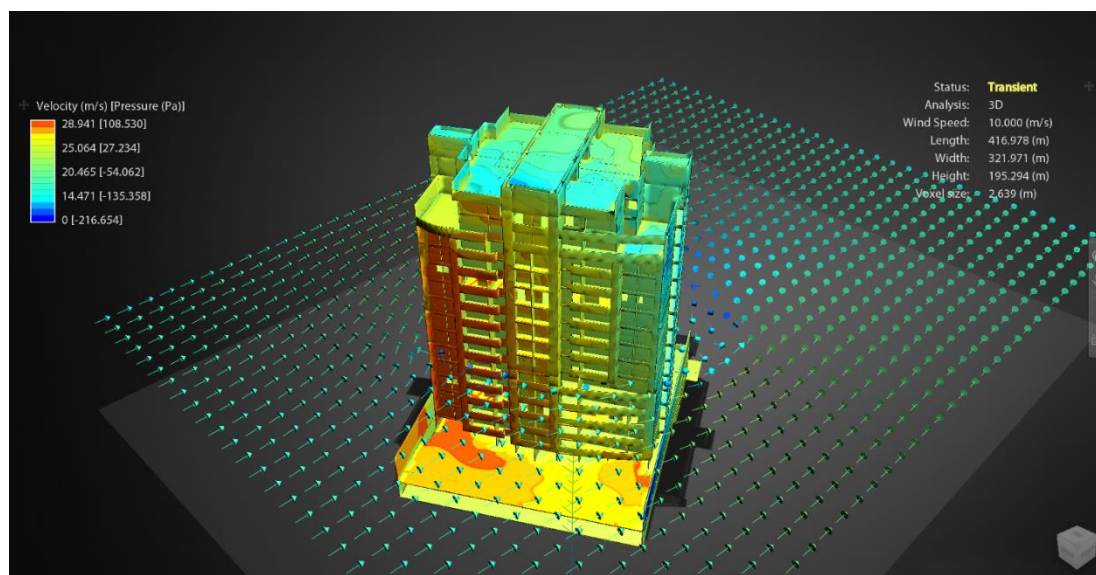


Ilustración 77. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

Al observar la distribución geométrica de la presión sobre la elevación Este, se aprecia una acumulación de presión positiva sobre la esquina Nor-Este, con valores que van descendiendo según se aleja de esta región del volumen. Esta fachada es por consiguiente ideal para el diseño de aperturas de ingreso de aire (de menor tamaño) en busca de renovar aire dentro de las unidades habitacionales, así como en el núcleo central de circulación vertical.

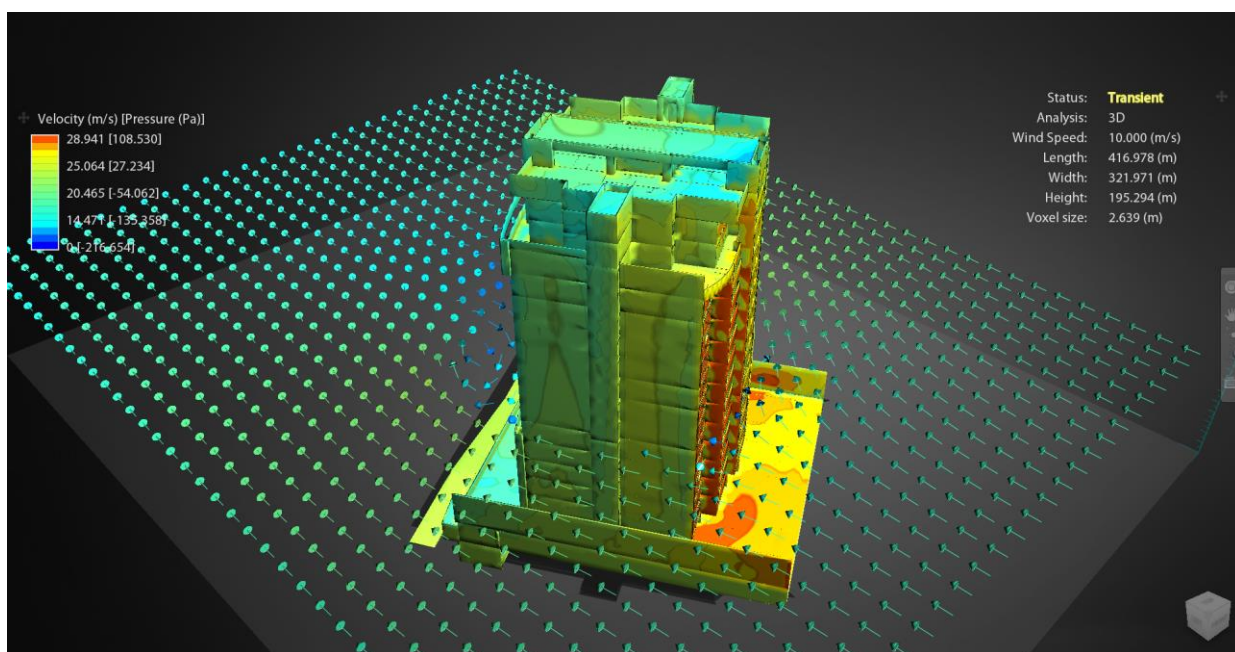


Ilustración 78. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

La fachada Norte también muestra acumulación de presión positiva, sin embargo con menor intensidad que la fachada Este, además de eso, resulta interesante que la esquina Nor-Oeste muestra valores de presión negativa en los niveles superiores, específicamente en los denominados Penthouse.

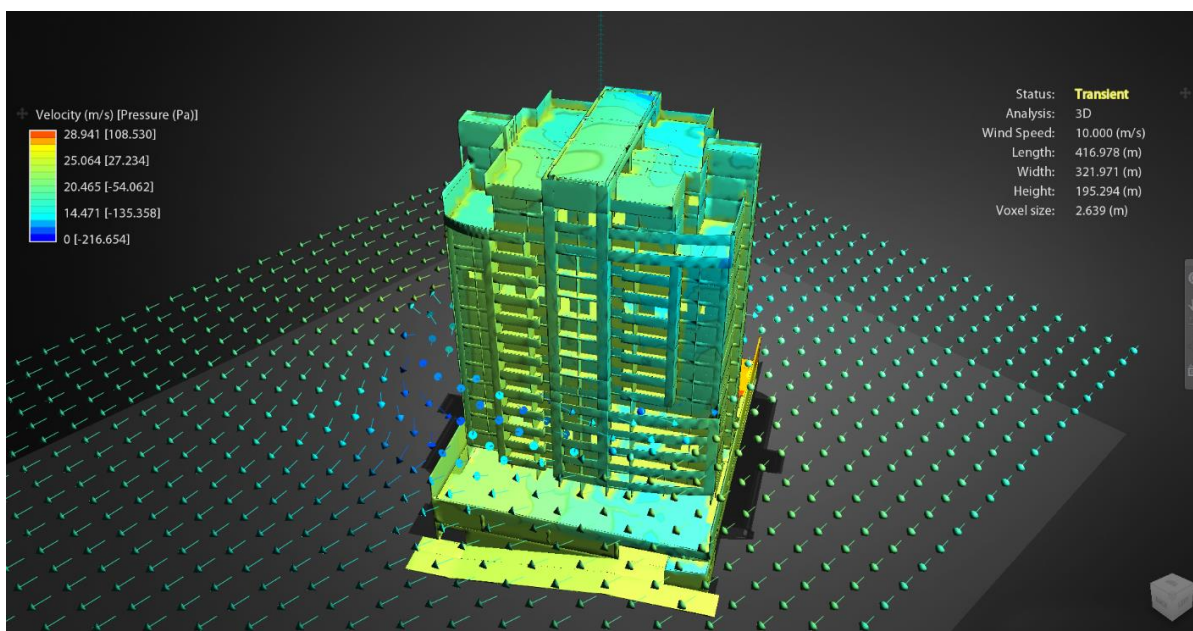


Ilustración 79. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

El comportamiento se muestra de manera mixta sobre la fachada Oeste, sobre la cual existen tanto presiones positivas como negativas. Específicamente, los apartamentos cercanos al costado Sur muestran presiones positivas, mientras que aquellos cercanos al costado Norte muestran presiones negativas.

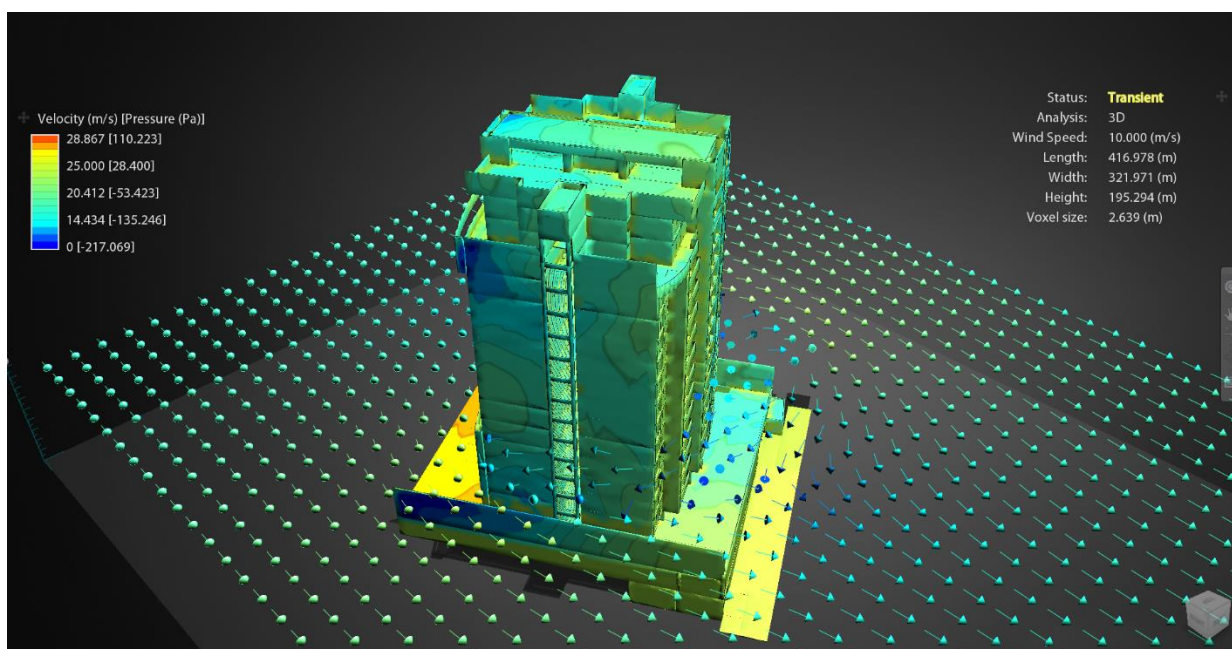


Ilustración 80. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.



El análisis de la elevación Sur muestra presiones predominantemente negativas, las cuales se intensifican hacia la esquina Sur-Este. Este comportamiento permite anticipar un potencial aprovechamiento de aperturas (no acristaladas) para la extracción de aire hacia el exterior.

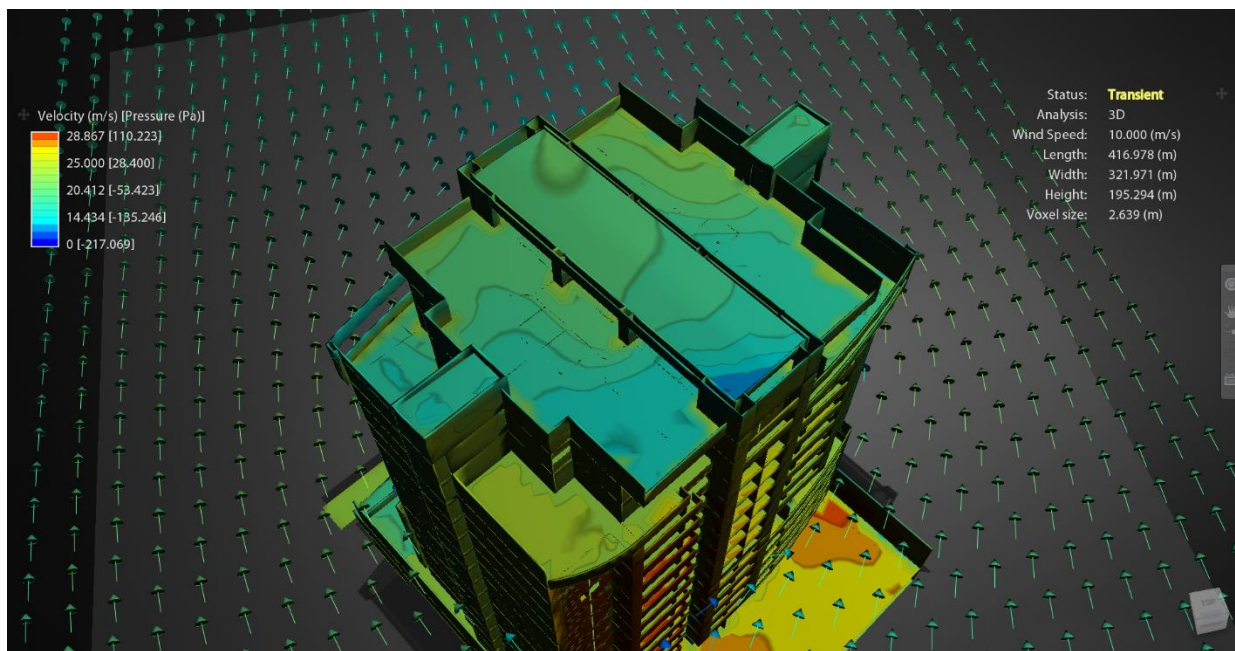


Ilustración 81. Simulación de la presión del aire sobre el edificio Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

Finalmente, la visualización de presión sobre el área de cubierta muestra el predominio de presiones negativas con un potencial efecto de succión con respecto del aire acumulado en el núcleo central de circulación vertical. Dadas las limitaciones y restricciones arquitectónicas para el aprovechamiento de las fachadas laterales, el uso de la cubierta como un monitor, o chimenea pasiva de aire hacia el exterior resulta viable y recomendable.

### b-) Tasa de flujo y vectores de flujo

El siguiente análisis muestra el movimiento del aire en el interior del edificio, según el diseño actual de la envolvente, en combinación con la distribución arquitectónica del espacio interno.

Inicialmente el Nivel 4, muestra un ingreso de aire sumamente deficiente, dada la inexistencia de puntos de salida adecuados para el aire que ingresa desde la fachada Este.

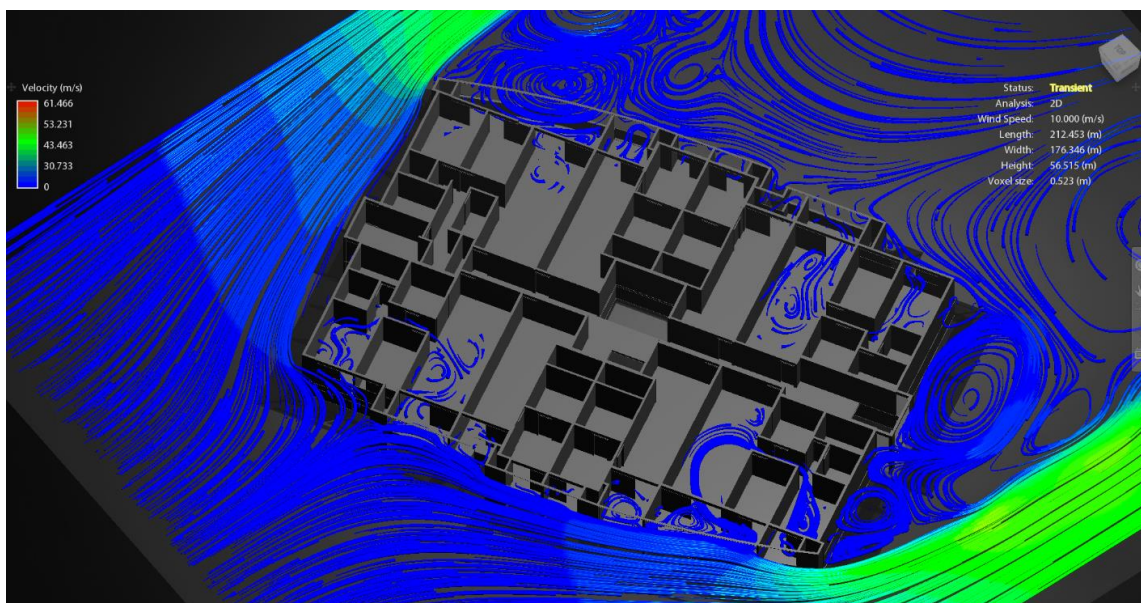


Ilustración 82. Análisis de flujo del aire al interior del edificio Nivel 4º Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

El análisis de los vectores de flujo (dirección del movimiento de aire) confirma la interpretación del análisis de presión sobre la envolvente, particularmente interesante con el comportamiento mixto sobre la fachada Oeste, la cual muestra potencial para el ingreso de aire también.



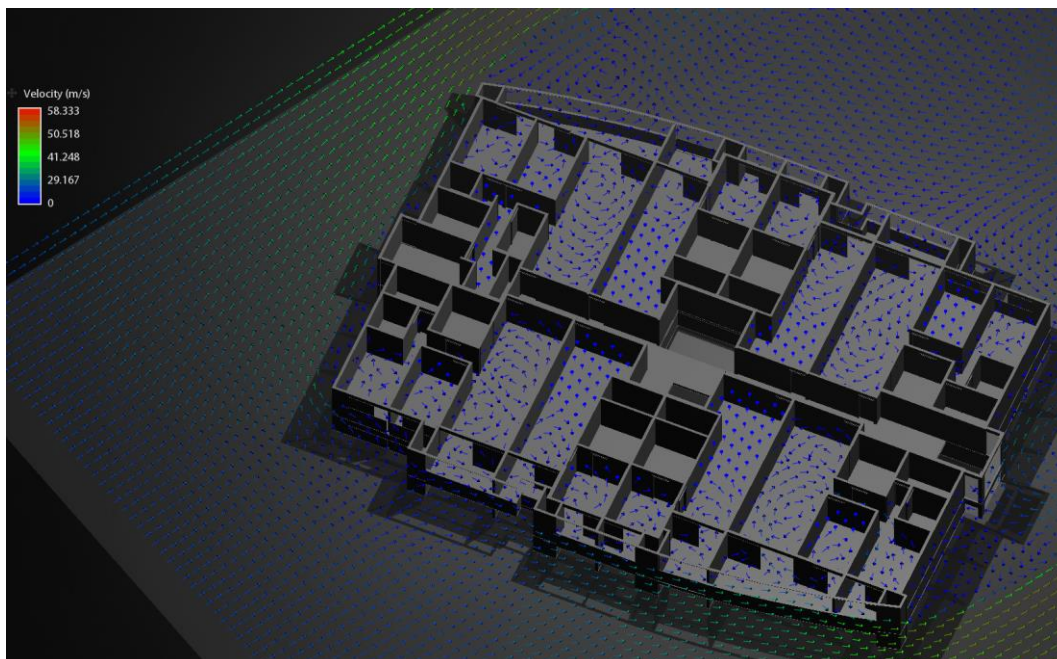


Ilustración 83. Análisis de vectores de flujo (dirección del movimiento de aire) Nivel 4° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

El análisis del nivel 10 muestra resultados prácticamente idénticos, lo cual es consistente con un diseño de distribución arquitectónica interna similar a los niveles inferiores. Una vez más la tasa de flujo de aire que ingresa a los apartamentos se encuentra por debajo de 1 m/s, y se distribuye de una manera muy poco eficiente dentro del espacio habitable. Además de esto, el núcleo de circulación vertical no muestra ningún movimiento de aire ni aprovechamiento de la ventilación natural.

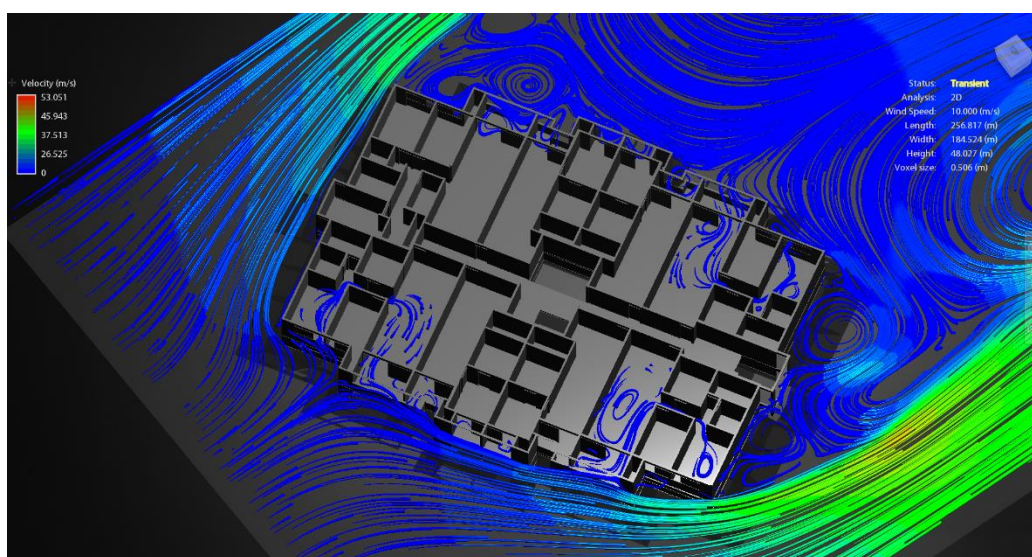


Ilustración 84. Análisis de flujo del aire al interior del edificio Nivel 10° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.



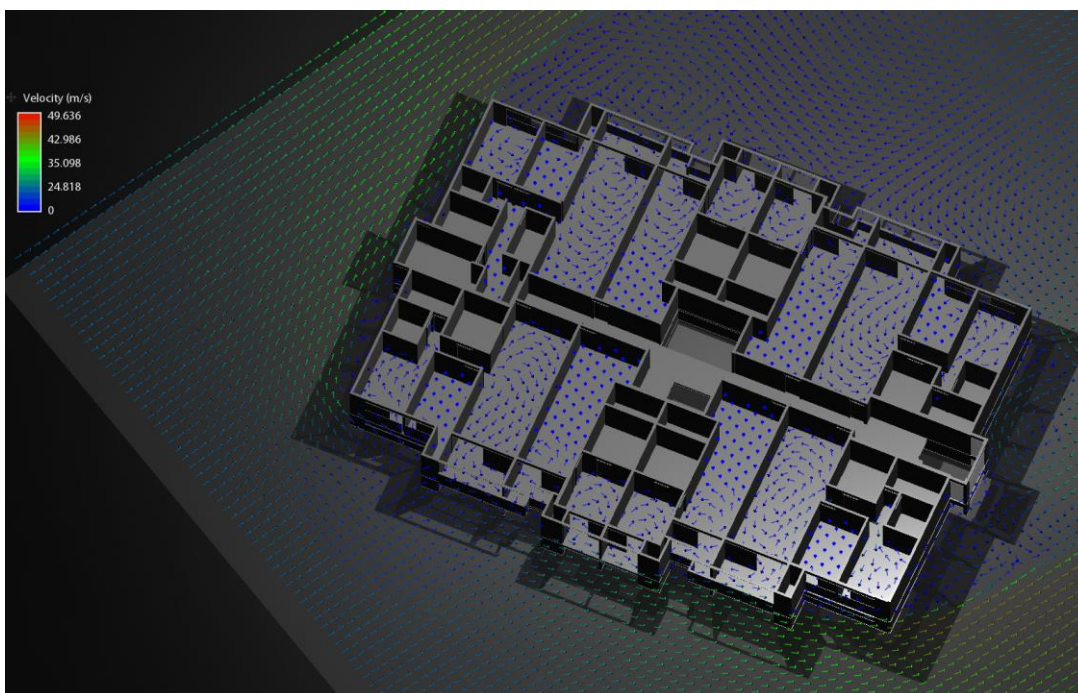


Ilustración 85. Análisis de vectores de flujo (dirección del movimiento de aire) Nivel 10° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

Finalmente, se efectúan las mismas simulaciones por dinámica computacional de fluidos CFD para el nivel superior del edificio. En este caso, se aprecia una tasa de flujo de aire prácticamente inexistente a través del espacio central, con velocidades inferiores a 1 m/s, a pesar de un potencial exterior sumamente alto, en el orden de los 20 m/s, las cuales se desaprovechan para la ventilación de los espacios habitables en el interior de la vivienda.

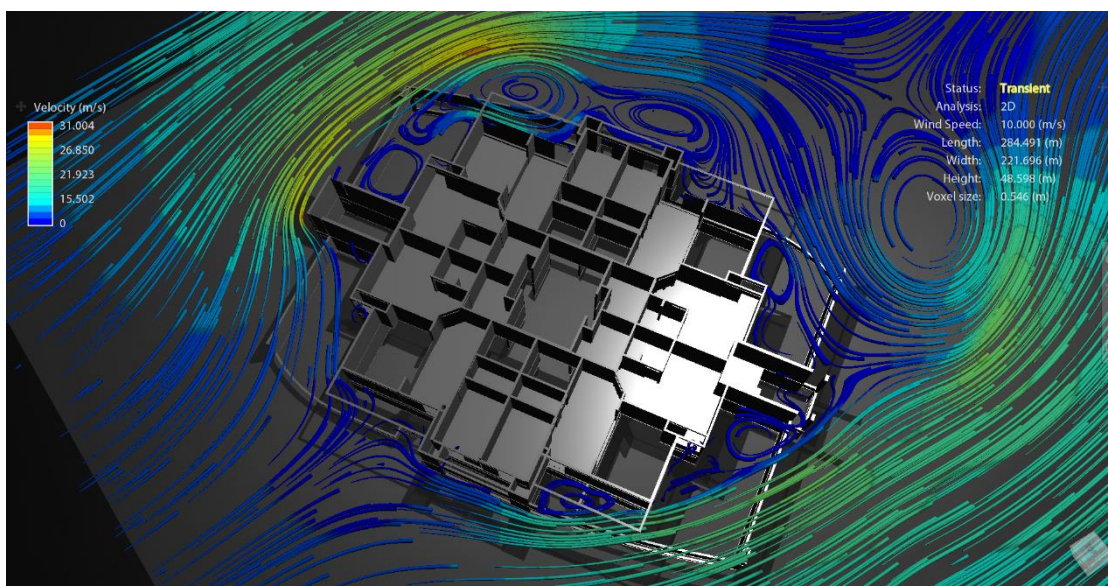


Ilustración 86. Análisis de flujo del aire al interior del edificio Nivel 14° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.



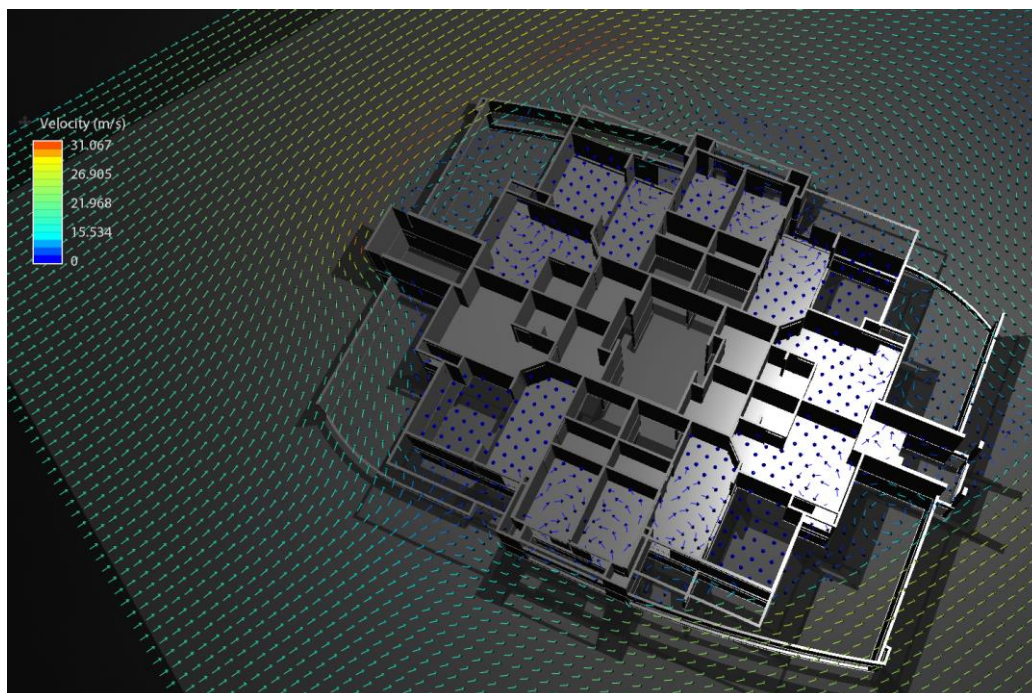


Ilustración 87. Análisis de vectores de flujo (dirección del movimiento de aire) Nivel 14° Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

### 4.7.3 Potencial de aprovechamiento fotovoltaico

El análisis de radiación solar incidente (irradiancia) sobre la cubierta del edificio, permite hacer una determinación rápida del potencial de generación eléctrica a partir de una instalación solar fotovoltaica, la cual en este caso se ubicaría sobre la cubierta de menor tamaño, con una orientación de azimut de  $88^\circ$ , y una inclinación de  $12^\circ$  con respecto del horizonte, según las características de diseño de la cubierta existente.

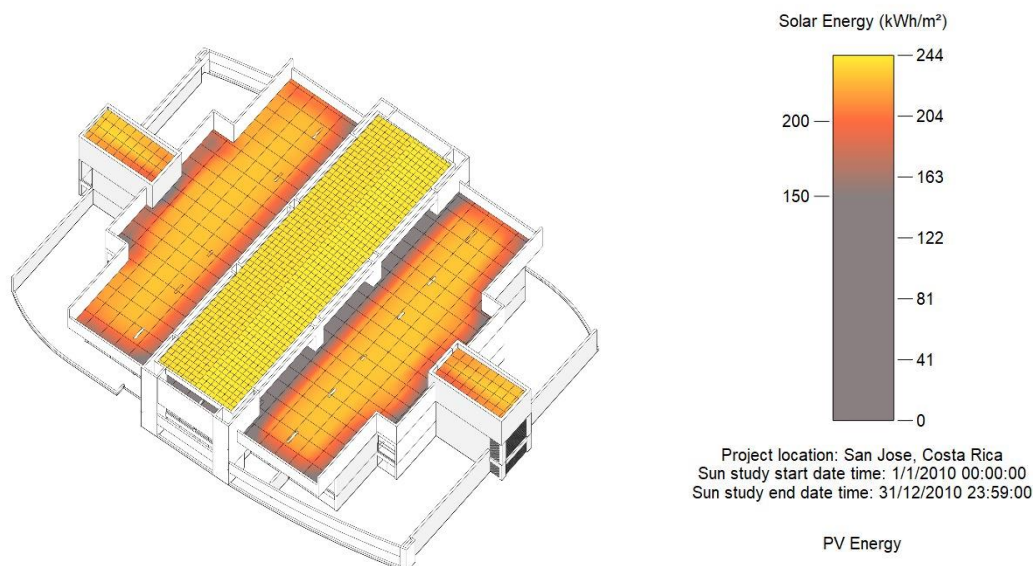


Ilustración 88. Análisis de radiación solar incidente sobre el edificio. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

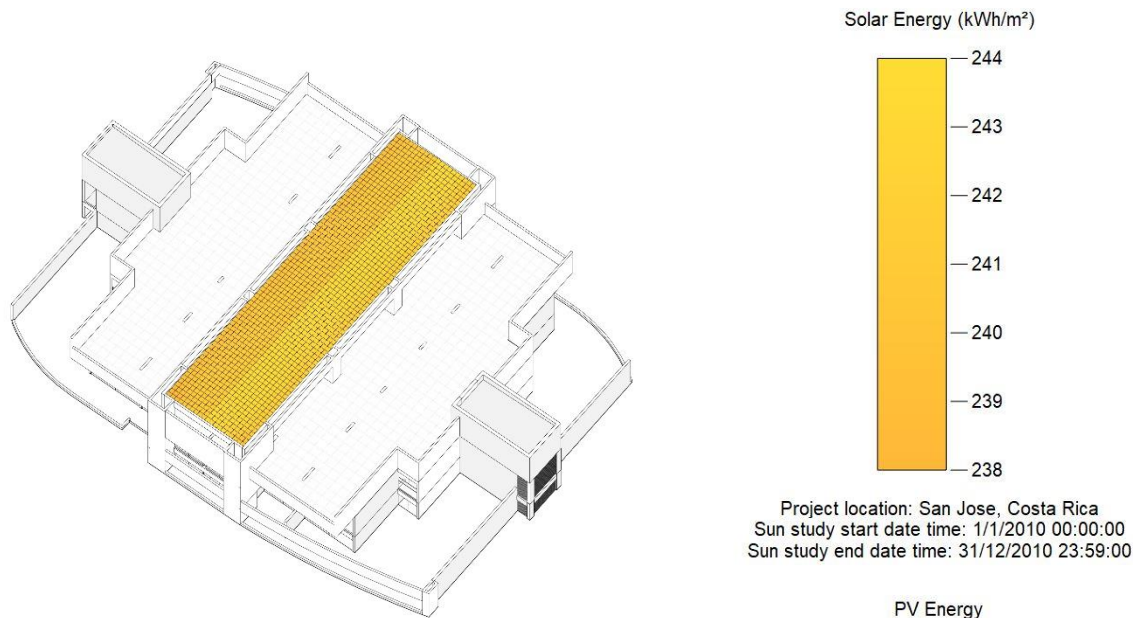


Ilustración 89. Análisis de radiación solar incidente sobre el edificio. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

De acuerdo a la propuesta preliminar planteada, se obtiene un sistema de capacidad nominal de 15 Kw DC, constituido por 44 paneles de 250 Vatios (W) de capacidad nominal cada uno. Estos serían configurados en 2 series de 22 paneles cada una con 2 inversores de 3kW cada uno, para un total de 4.

El desempeño total del sistema permite obtener unos 7,90 kWh por serie, para un total aproximado de 15,8 kWh, con un coeficiente de pérdidas del 14.4% por especificidades de instalación y diseño de la cubierta.

	System AC energy (kWh/mo)	POA front-side irradiance total (kWh/mo)
Jan	1526.89	12651.1
Feb	1410.07	11750.5
Mar	1521.24	12815.7
Apr	1461.12	12318.4
May	1299.33	11085.5
Jun	1139.54	9664.92
Jul	1209.14	10221.3
Aug	1251.09	10587.6
Sep	1205.3	10317.1
Oct	1238.09	10577.1
Nov	1208.46	10178.3
Dec	1384.19	11602.3

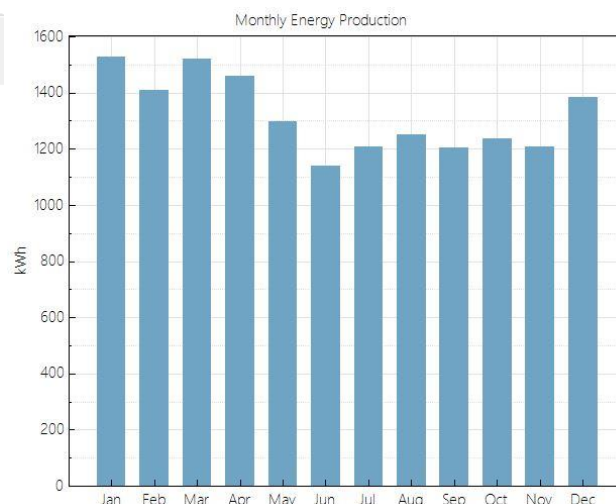


Figura 54. Rendimiento Anual del sistema fotovoltaico tomando en cuenta solo el área de cubierta. Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco Empresa Entorno y Clima SRL.

Metric	Value
Annual energy (year 1)	15,854 kWh
Capacity factor (year 1)	16.5%
Energy yield (year 1)	1,441 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.77

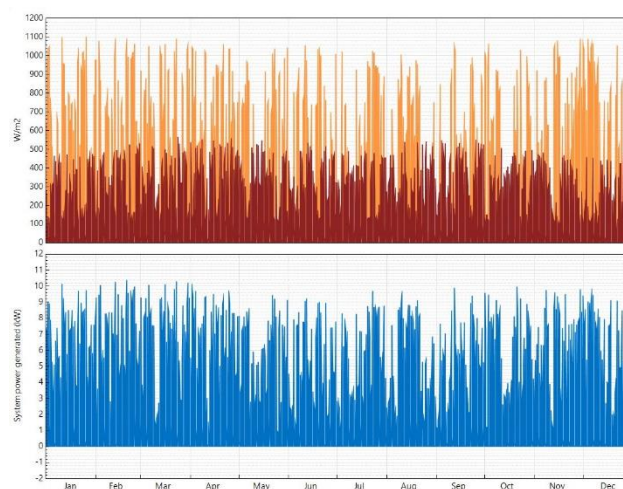


Figura 55. Resumen Rendimiento Anual del sistema fotovoltaico tomando en cuenta solo el área de cubierta.  
Fuente: Reporte de análisis por Simulación Condominio Vistas del Robledal, Consultor Arq. Sebastián Orozco  
Empresa Entorno y Clima SRL.

De esta manera, el rendimiento de este sistema permitiría cubrir la totalidad del consumo de las áreas comunes del edificio al menos durante la temporada seca, siempre y cuando estuviese instalado en conjunto con un sistema de almacenamiento de energía de baterías de Ion de litio.

En el caso de un sistema más económico de micro generación distribuida con conexión a la red, se lograría cubrir al menos el 49% del consumo eléctrico de áreas comunes, bajo las especificaciones del reglamento de micro generación eléctrica distribuida del Instituto Costarricense de Electricidad, bajo la normativa vigente de la CNFL.



#### 4.7.4 Conclusiones y pautas correctivas generadas a partir del análisis climático por simulación

Tabla 18. Conclusiones y pautas correctivas a analizar como pautas de diseño generadas a partir del análisis climático por simulación

	Conclusiones	Pautas correctivas a analizar
1	Se identifica que debido al emplazamiento del edificio, en donde las fachadas este y oeste, que son las de mayor área, y poseen todas las aberturas por medio de puertas de vidrio y ventanas, pueden llevar a provocar un calentamiento a lo interno del edificio, sin embargo, este problema es compensado levemente median un manejo relativamente efectivo de balcones que funcionan como aleros, principalmente en la parte central del edificio	El uso pantallas externas operables (retráctiles), sobre las fachadas Este y Oeste podrían mejorar el control de la radiación solar y su ingreso a los apartamentos. En el caso de los apartamentos esquineros, cerca de los costados Norte y Sur, se recomienda la implementación de parasoles horizontales permanentes para el control solar.
2	La fachada sur, aunque recibe mucho impacto de incidencia solar, no presenta mayores problemas, ya que no posee aberturas y en ese sector se encuentra ubicado el núcleo de escaleras de emergencia, el cual es un espacio aislado y de transición, funcionando como barrera y protección al edificio	La iluminancia interna puede mejorarse moderadamente, mediante la implementación de elementos de fachada tales como repisas de luz (en áreas sociales), o bien secciones traslúcidas en la parte superior de las particiones internas de los apartamentos (en áreas privadas).
3	Los vientos predominantes provienen del Noreste y mantienen un rango angular de 75° con respecto al Norte	Las condiciones de ventilación natural presentan serias disfunciones (desconexión) entre puntos de entrada y salida, las cuales son especialmente sensibles dada la potencial acumulación de energía térmica al interior de los apartamentos. Esta situación debe estudiarse con detalle específicamente en el caso de los niveles del 6 al 13.
4	La fachada Este recibe cuotas de energía radiante relativamente altas durante la mañana, hasta antes de las 10:30am, la cual afecta más intensamente a los apartamentos de los extremos Norte y Sur	Considerando las restricciones de diseño arquitectónico al interior del edificio, se recomienda la exploración de una estrategia de ventilación apilada a través del núcleo central de circulación vertical, con la creación complementaria de un monitor de ventilación a nivel de cubierta
5	La fachada Oeste posee mucho impacto solar a partir de las 3:00pm, lo que pueda llevar a un mayor riesgo de discomfort térmico	Las ganancias solares responsables por los mayores niveles de discomfort se dan durante los meses de la estación seca, por lo cual se recomienda la consideración de materiales con una gran masa térmica para los componentes de cerramiento perimetral y potencial monitor de cubiertas.
6	Las fachadas de predominancia Norte y Sur no presentan problemas al interior del edificio, como captadores de radiación solar	Implementar sistemas de ahorro energético como lámparas tipo LED, que no generen calor
7	La fachada Oeste es la que posee las áreas más afectadas por la incidencia de la radiación solar, mostrando una mayor profundidad e intensidad en la penetración de radiación solar directa en sus espacios internos, siendo el área más afectada en los niveles 2° al 6°, los dormitorios y de los niveles 7° al 13°, los dormitorios y el área de la sala, superando la referencia límite tolerable de 200 Wh/m², alcanzando valores pico de 217 Wh/m².	Implementar sistema de ventilación que permita el ingreso del aire fresco desde el nivel 0.00 y ascienda al interior del edificio refrescando su interior y sustituya el aire caliente expulsándolo hacia arriba
8	La luz natural al interior del edificio posee una uniformidad de distribución baja, con altos contrastes en los niveles de intensidad, en donde el alcance del ingreso de iluminación desde las fachadas Este y Oeste es insuficiente para alcanzar los espacios más cercanos al pasillo de circulación central dentro del edificio.	
9	El edificio posee un ingreso de aire sumamente deficiente, dada la inexistencia de puntos de salida adecuados para el aire que ingresa desde la fachada este, por lo que se distribuye de una manera muy poco eficiente dentro del espacio habitable, además el núcleo central no muestra ningún movimiento del aire.	
10	El edificio a nivel general presenta diversas patologías que afectan los niveles de confort higrotermicos y potencia ganancias energéticas de irradiación solar al interior del edificio, en función de las características microclimáticas del sitio	

## 5.1 Costo del proyecto

Según los datos suministrados por la empresa Arquitectura y Diseño SCMTM, el costo total del proyecto el cual finalizó su construcción en mayo del 2010 fue de **\$ 12, 648,000.00, (doce millones seiscientos cuarenta y ocho mil dólares)** el desglose de dicho costo se detalla a continuación:

Tabla 19. Desglose de costo del proyecto Fuente: Empresa Arquitectura y Diseño SCMTM

Desglose de Costos del proyecto		
Detalle	%	Monto
Costo del terreno	8%	\$1.011.840,00
Costos directos de Construcción	72%	\$9.106.560,00
Costos indirectos	14%	\$1.770.720,00
Costo financiero	6%	\$758.880,00
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>\$12.648.000,00</b>

Del costo total del proyecto, los montos asociados específicamente a la construcción, son los costos directos e indirectos, que según la tabla suministrada por la empresa Arquitectura y Diseño SCMTM, suman un monto de **\$ 10,877,280.00 ( diez millones ochocientos setenta y siete mil doscientos ochenta dólares)**

La empresa explica que se optó por utilizar un sistema construido de muros en concreto reforzado en vez de un sistema tradicional de columnas y vigas por un tema de ahorro constructivo, ya que justifican que aunque el sistema de muros conlleva un mayor consumo de m<sup>3</sup> de concreto, existe un ahorro en temas de tiempo, construir un edificio en muros demora alrededor de un 30% menos en relación a construir un edificio con el sistema de columnas y vigas, esto impacta directamente en temas de subcontratos, pólizas, cargas sociales etc. Otro tema es que el sistema de muros acelera y minimiza el tema de acabados, las previstas eléctricas y mecánicas se dejan listas antes de chorrear, y la formaleta con planchas metálicas dan un acabado liso a la hora de realizar la chorrea, por lo que posteriormente de quitada la formaleta no hay que repellar.

### 5.3 Proyección del costo del proyecto al año 2019

Según la información suministrada por la empresa Arquitectura y Diseño SCMTM, por la condiciones actuales del mercado y los costos asociados a la construcción del edificio, si ese mismo edificio tuviera que construirse en el año 2019, tendría un aumento porcentual de un 30%, es decir si en el año 2010 el proyecto total costo \$ 12, 648,000.00, en el año 2019, el proyecto costaría un estimado de **\$ 16,442,000.00 (dieciséis millones cuatrocientos cuarenta y dos mil dólares) siendo el costo específico por concepto de construcción de \$ 14,140,464.00 ( catorce millones ciento cuarenta mil cuatrocientos sesenta y cuatro dólares).**

### 5.4 Recuperación de inversión por venta de apartamentos

Para calcular la recuperación por venta de apartamentos, se hizo la consulta a Grupo Inmobiliario El Parque, para que nos indicara que factores influían en el costo a la hora de comprar un apartamento, ellos nos dieron las siguientes variables, que se toman en cuenta y que influyen directamente en el costo a la hora de adquirir un apartamento de este edificio:

- Cantidad de m2 de construcción
- Nivel en donde se ubica el apartamento
- Vista que posee el apartamento
- Cantidad de parqueos disponibles por apartamento (si está bajo techo, si está a la intemperie o en sótano)
- Cantidad de m2 disponibles de bodega
- Época de compra

#### 5.4.1 Variables utilizadas para determinar el costo de venta de cada apartamento

Para calcular la recuperación por venta de apartamentos, se tuvo que crear un posible escenario de venta, en donde se tomaron en cuenta las siguientes variables, la cuales iban ligadas directamente al costo de compra para cada apartamento, las variables que se utilizaron son:

- Cantidad de m2 de construcción
- Nivel en donde se ubica el apartamento

- Cantidad de parqueos disponibles por apartamento (si está bajo techo, si está a la intemperie o en sótano)

Con información dada por Grupo Inmobiliario El Parque se creó un precio base y un precio tope por apartamento, por lo que las variables vinieron a modificar el precio promedio de acuerdo a las solicitudes de las variables antes mencionadas.

El precio base y precio tope para cada apartamento son las siguientes:

**Apartamento de 1 Habitación** costo desde \$ 81,000.00 hasta \$ 130,000.00

**Apartamento de 2 Habitaciones** costo desde \$ 124,000.00 hasta \$ 203,000.00

**Apartamentos de 3 Habitaciones** costo desde \$ 169,000.00 hasta \$ 275,000.00

**Pent-house 2 Habitaciones** costo desde \$ 320,000.00 a \$ 520,000.00

**a. Tabla que se utilizó para modificar los costos del precio de venta base, para cada tipo de apartamento**

#### **Apartamento de 1 Habitación**

Tabla 20. Tabla escenario para venta de apartamentos de 1 habitación. Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Grupo Inmobiliario El Parque

Nivel 2 al 6	2 parqueos sin cubierta	1 Parqueo con cubierta	1 Parqueo Sotano	2 parqueos con cubierta	2 Parqueos Sotano
\$ 81.000,00	\$ 85.900,00	\$ 90.800,00	\$ 95.700,00	\$ 100.600,00	\$ 105.500,00

Nivel 7 al 13	1 Parqueo con cubierta	1 Parqueo Sotano	2 parqueos con cubierta	2 Parqueos Sotano
\$ 110.400,00	\$ 115.300,00	\$ 120.200,00	\$ 125.100,00	\$ 130.000,00

#### **Apartamento de 2 Habitaciones**

Tabla 21. Tabla escenario para venta de apartamentos de 2 habitaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Grupo Inmobiliario El Parque

Nivel 2 al 6	2 parqueos sin cubierta	1 Parqueo con cubierta	1 Parqueo Sotano	2 parqueos con cubierta	2 Parqueos Sotano
\$ 124.000,00	\$ 131.900,00	\$ 139.800,00	\$ 147.700,00	\$ 155.600,00	\$ 163.500,00

<b>Nivel 7 al 13</b>	1 Parqueo con cubierta	1 Parqueo Sotano	2 parqueos con cubierta	2 Parqueos Sotano
\$ 171.400,00	\$ 179.300,00	\$ 187.200,00	\$ 195.100,00	\$ 203.000,00

### Apartamento de 3 Habitaciones

Tabla 22. Tabla escenario para venta de apartamentos de 3 habitaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Grupo Inmobiliario El Parque

<b>Nivel 2 al 6</b>	2 parqueos sin cubierta	1 Parqueo con cubierta	1 Parqueo Sotano	2 parqueos con cubierta	2 Parqueos Sotano	3 parqueos Sotano
\$ 169.000,00	\$ 177.833,33	\$ 186.666,67	\$ 195.500,00	\$ 204.333,33	\$ 213.166,67	\$ 222.000,00

<b>Nivel 7 al 13</b>	1 Parqueo con cubierta	1 Parqueo Sotano	2 parqueos con cubierta	2 Parqueos Sotano	3 parqueos Sotano
\$ 230.833,33	\$ 239.666,67	\$ 248.500,00	\$ 257.333,33	\$ 266.166,67	\$ 275.000,00

### Penthouse

Tabla 23. Tabla escenario para venta de apartamentos de Penthouse. Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Grupo Inmobiliario El Parque

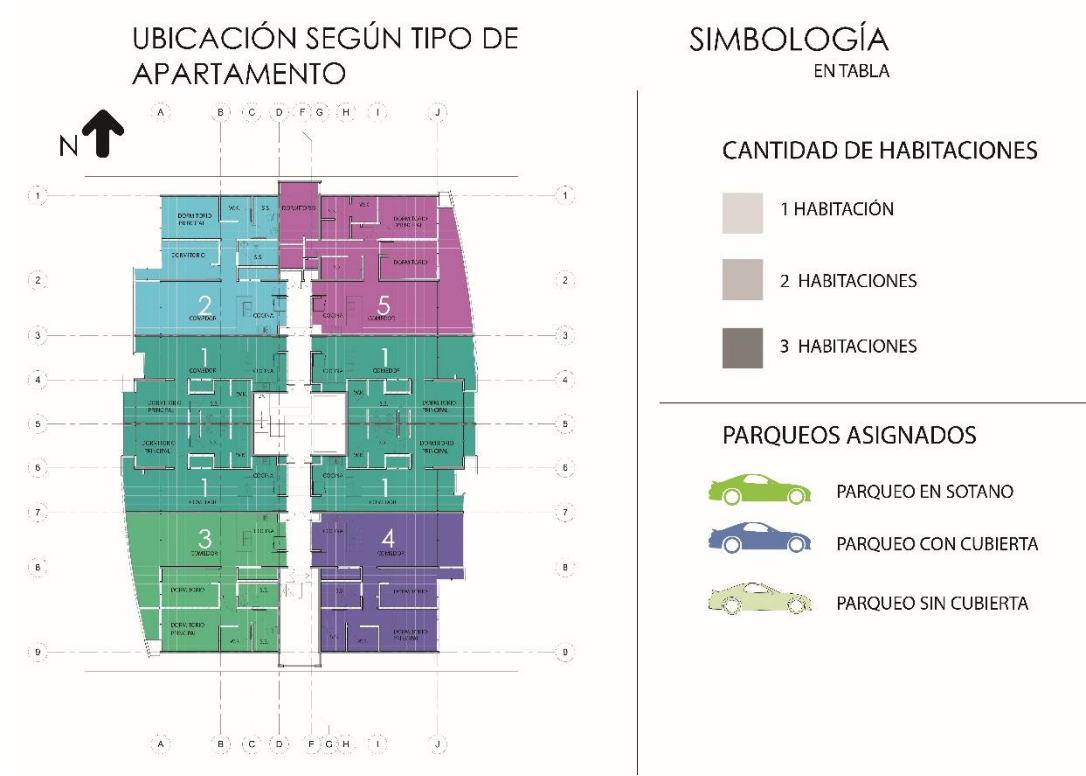
<b>Penthouse 14° y 15°</b>	2 parqueos sin cubierta	1 Parqueo con cubierta	1 Parqueo Sotano	2 parqueos Sotano
\$ 320.000,00	\$ 370.000,00	\$ 420.000,00	\$ 470.000,00	\$ 520.000,00

5.4.2 Escenario de venta utilizado para recuperación de inversión

Venta apartamentos nivel 2° al nivel 6°

Tabla 24. Escenario de venta de apartamentos del nivel 2° al nivel 6°. Fuente: Elaboración propia

Apartamentos Nivel 2° al 6°						
Cantidad de Habitaciones	N° Tipo de Apartamento	Cantidad Parquesos Asignados	Costo Apartamento	Cantidad de Niveles	Costo Apartamentos por cada Nivel	Costo Apartamentos Nivel 2° al 6°
1 habitacion	1	1	\$ 95.700,00	5	\$ 478.500,00	\$ 4.954.500,00
	1	1	\$ 95.700,00		\$ 478.500,00	
	1	1	\$ 95.700,00		\$ 478.500,00	
	1	1	\$ 81.000,00		\$ 405.000,00	
2 habitaciones	2	2	\$ 147.700,00		\$ 738.500,00	
	3	2	\$ 147.700,00		\$ 738.500,00	
	4	2	\$ 131.900,00		\$ 659.500,00	
3 habitaciones	5	2	\$ 195.500,00		\$ 977.500,00	



Venta apartamentos nivel 7° al nivel 13°

Tabla 25.Escenario de venta de apartamentos del nivel 7° al nivel 13°. Fuente: Elaboración propia

Apartamentos Nivel 7° al 13°						
Cantidad de Habitaciones	N° Tipo de Apartamento	Cantidad Parques Asignados	Costo Apartamento	Cantidad de Niveles	Costo Apartamentos por cada Nivel	Costo Apartamentos Nivel 7° al 13°
1 habitacion	1	1	\$ 120.200,00	7	\$ 841.400,00	\$ 9.553.600,00
	1	1	\$ 120.200,00		\$ 841.400,00	
	1	1	\$ 120.200,00		\$ 841.400,00	
	1	1	\$ 120.200,00		\$ 841.400,00	
2 habitaciones	6	2	\$ 203.000,00		\$ 1.421.000,00	
	7	2	\$ 203.000,00		\$ 1.421.000,00	
	8	2	\$ 203.000,00		\$ 1.421.000,00	
3 habitaciones	9	3	\$ 275.000,00		\$ 1.925.000,00	

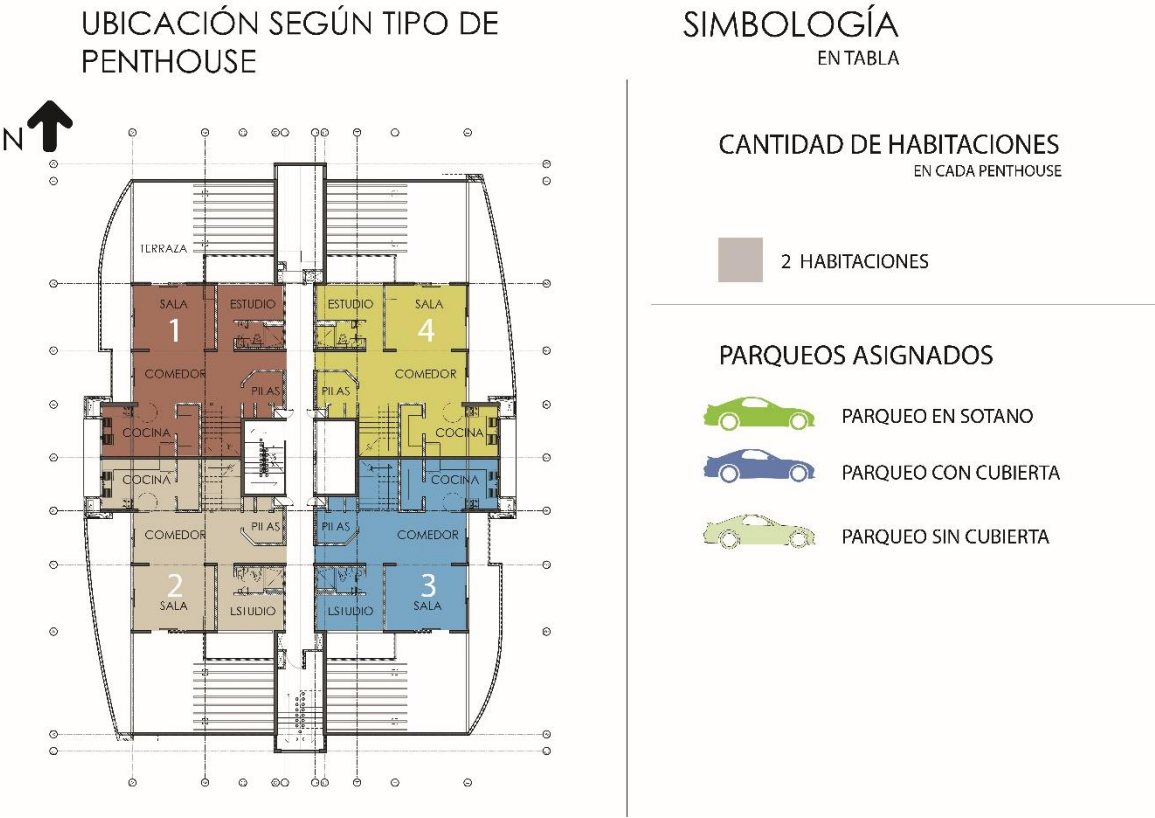




Venta de Penthouse

Tabla 26. Escenario de venta de Penthouse. Fuente: Elaboración propia

PENTHOUSE					
Cantidad de habitaciones	N° Tipo de Apartamento	Cantidad Parquesos Asignados	Costo Apartamento	Cantidad de Niveles	Costo Total Nivel 14° y 15° Penthouse
2 habitaciones	1	2	\$ 520.000,00	1,00	\$ 2.080.000,00
	2	2	\$ 520.000,00		
	3	2	\$ 520.000,00		
	4	2	\$ 520.000,00		



### 5.4.3 Total estimado de recuperación de inversión por venta de apartamentos

Después de aplicar el escenario de venta desglosado en las tablas anteriores, se tiene un monto total estimado por venta de **\$ 16, 588,100.00 (dieciséis millones de dólares quinientos ochenta y ocho mil cien dólares con cero centavos.)**

El total de esta estimación se refleja en la siguiente tabla resumen:

Tabla 27. Tabla resumen de monto estimado de recuperación por venta de apartamentos. Fuente: Elaboración propia

<b>Total estimado de recuperación por venta de Apartamentos</b>	
Descripción	Monto estimado de venta
Venta de Apartamentos Nivel 2° al 6°	\$ 4.954.500,00
Venta de Apartamentos Nivel 7° al 13°	\$ 9.553.600,00
Venta de Penthouse Niveles 14° y 15°	\$ 2.080.000,00

**Total estimado de recuperación por venta de Apartamentos \$ 16.588.100,00**

### 5.4.4 Estimación de utilidad por venta de apartamentos

Tomando como base los datos suministrados por la empresa Arquitectura y Diseño SCMTM, en donde se indica que el costo total del proyecto fue de \$ 12,648, 000.00 (doce millones seiscientos cuarenta y ocho mil dólares) y teniendo una venta por apartamentos según escenario desglosado anteriormente en donde se tenía una recuperación estimada por venta de **\$ 16,588,100.00** ( dieciséis millones quinientos ochenta y ocho mil cien dólares) podríamos concluir que dicho proyecto tuvo una **utilidad estimada de 31.15%.**

## 5. Análisis de consumo eléctrico

Para poder realizar un cálculo estimado del consumo eléctrico del edificio, se estimó individualmente el consumo de cada apartamento según su tipo, sea este de una habitación, dos habitaciones, tres habitaciones o penthouse, para posteriormente hacer el cálculo total del edificio.

### 6.1 Análisis de consumo eléctrico por tipo de apartamento

Con el fin de determinar una cantidad de energía en kwh/mes demandado en el proyecto, y su impacto económico en el costo en la factura por suministro de energía eléctrica, se realizó un estimado de consumo por apartamento según sea su tipo, para posteriormente realizar una sumatoria y totalizar el consumo total del edificio.

Para el cálculo del costo estimado del consumo eléctrico, se tomó de referencias las tarifas estipuladas para el mes de octubre del 2019 por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, empresa que es la que ofrece el servicio en ese sector.

A continuación, se desglosa la tabla de tarifas:

Tabla 28. Tabla desglose de tarifas por concepto de servicio eléctrico, octubre 2019 Fuente: Compañía Nacional de Fuerza y Luz



**Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A.**

Cédula Jurídica 3-101-000046-36

COPIA DEL COMPROBANTE DEL CLIENTE

Desglose de Tarifas		
Código	Bloque Consumo (kWh)	Precio
1	0 a 30	¢ 71.43
1	30.0001 a 200	¢ 71.43
1	200.0001 a 300	¢ 109.62
1	300.0001 a 99999999	¢ 113.32
CVC	0 a 30	¢ 2.55
CVC	30.0001 a 200	¢ 2.55
CVC	200.0001 a 300	¢ 3.91
CVC	300.0001 a 99999999	¢ 4.05
6	0 a 50000	¢ 3.51

A continuación, se desglosa en las siguientes tablas, el consumo calculado para cada tipo de apartamento:

### 6.1.1 Cálculo consumo energético para el apartamento de 1 habitación

Tabla 29. Cálculo consumo energético del apartamento 1 habitación. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorescente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	10	15	4	600	0,6	18
2 Bombillas fluorescente 10 W (Potencia total 10 Wx2=20W)	2	10	0,6	12	0,012	0,36
Televisor de 21"	2	140	3	840	0,84	25,2
Equipo de Sonido	0	200	0,75	0	0	0
Horno de Microondas	1	1200	0,4	480	0,48	14,4
Coffee Maker	1	800	0,25	200	0,2	6
Olla Arrocera	1	700	0,4	280	0,28	8,4
Cocina discos pequeños (2 discos)	1	1000	0,5	500	0,5	15
Cocina discos grandes (2 discos)	1	1800	0,6	1080	1,08	32,4
Refrigeradora	1	290	7	2030	2,03	60,9
Termoducha	1	4000	0,4	1600	1,6	48
Lavadora (10 días al mes)	1	385	2,5	962,5	0,9625	9,625
Computadora	1	190	2,5	475	0,475	4,75
Mini SPLIT	1	1350	5	6750	6,75	67,5
<b>Total Energía Eléctrica mensual (kWh)</b>						<b>310,535</b>

Cálculo del costo por consumo de energía	Tarifa	consumo kwh	Monto
Costo primeros 200 kWh	¢71,43	200	¢14.286,00
Bloque de Consumo de 200kh a 300 kwh	¢109,62	100	¢10.962,00
Bloque de Consumo mayor a 300 kwh	¢113,32	10,535	¢1.193,83

Monto total en colones por energía	310,535	¢26.441,83
------------------------------------	---------	------------

Costo Variable Combustible CVC		
CVC 0 a 30	¢2,55/kWh	¢76,50
CVC 30,0001 a 200	¢2,55/kWh	¢433,50
CVC 200 a 300	¢3,91/kWh	¢391,00
CVC mayor a 300	¢4,05/kWh	¢42,67

**Costo Total Variable Combustible ¢943,67**

Costo Alumbrado Público		
Monto total en colones por Alumbrado Público	¢3,51/kWh	<b>¢1.089,98</b>

FACTURACIÓN ( Según formato CNFL)		
COD.	DETALLE	Costo
1	ENERGIA	¢26.441,83
CVC	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE	¢943,67
6	ALUMBRADO PUBLICO	¢1.089,98
IVG	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO ( 13%)	¢3.701,81
TRB	TRIBUTO BOMBEROS	¢460,00

**TOTAL POR PAGAR ¢32.637,28**

### 6.1.2 Calculo consumo energético para el apartamento de 2 habitaciones

Tabla 30. Calculo consumo energético del apartamento de 2 habitaciones. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorecente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	13	15	4	780	0,78	23,4
2 Bombillas flourecente 10 W (Potencia total 10 Wx2=20W)	2	10	0,6	12	0,012	0,36
Televisor de 21"	3	140	3	1260	1,26	37,8
Equipo de Sonido	1	200	0,75	150	0,15	4,5
Horno de Microondas	1	1200	0,4	480	0,48	14,4
Coffee Maker	1	800	0,25	200	0,2	6
Olla Arrocera	1	700	0,4	280	0,28	8,4
Cocina discos pequeños (2 discos)	1	1000	0,5	500	0,5	15
Cocina discos grandes (2 discos)	1	1800	0,6	1080	1,08	32,4
Refrigeradora	1	290	7	2030	2,03	60,9
Termoducha	1	4000	0,4	1600	1,6	48
Lavadora (10 días al mes)	1	385	2,5	962,5	0,9625	9,625
Computadora	1	190	2,5	475	0,475	4,75
Mini SPLIT	1	1350	5	6750	6,75	67,5
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						333,035

Cálculo del costo por consumo de energía	Tarifa	consumo kwh	Monto
Costo primeros 200 kWh	¢71,43	200	¢14.286,00
Bloque de Consumo de 200kh a 300 kwh	¢109,62	100	¢10.962,00
Bloque de Consumo mayor a 300 kwh	¢113,32	33,035	¢3.743,53

Monto total en colones por energía	333,035	¢28.991,53
------------------------------------	---------	------------

Costo Alumbrado Público		
Monto total en colones por Alumbrado Público	¢3,51/kWh	<b>¢1.168,95</b>

**TOTAL POR PAGAR    \$35.710,66**

Tabla 31. Cálculo consumo energético del apartamento de 3 habitaciones. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorescente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	17	15	4	1020	1,02	30,6
2 Bombillas fluorescente 10 W (Potencia total 10 Wx2=20W)	2	10	0,6	12	0,012	0,36
Televisor de 21"	4	140	3	1680	1,68	50,4
Equipo de Sonido	1	200	0,75	150	0,15	4,5
Horno de Microondas	1	1200	0,4	480	0,48	14,4
Coffee Maker	1	800	0,25	200	0,2	6
Olla Arrocera	1	700	0,4	280	0,28	8,4
Cocina discos pequeños (2 discos)	1	1000	0,5	500	0,5	15
Cocina discos grandes (2 discos)	1	1800	0,6	1080	1,08	32,4
Refrigeradora	1	290	7	2030	2,03	60,9
Termoducha	1	4000	0,4	1600	1,6	48
Lavadora (10 días al mes)	1	385	2,5	962,5	0,9625	9,625
Computadora	1	190	2,5	475	0,475	4,75
Mini SPLIT	1	1350	5	6750	6,75	67,5
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						352.835

<b>Cálculo del costo por consumo de energía</b>	<b>Tarifa</b>	<b>consumo kwh</b>	<b>Monto</b>
Costo primeros 200 kWh	¢71,43	200	¢14.286,00
Bloque de Consumo de 200kh a 300 kwh	¢109,62	100	¢10.962,00
Bloque de Consumo mayor a 300 kwh	¢113,32	52,835	¢5.987,26
<b>Monto total en colones por energía</b>		<b>352,835</b>	<b>¢31.235,26</b>

<b>Costo Variable Combustible CVC</b>		
CVC 0 a 30	¢2,55/kWh	¢76,50
CVC 30,0001 a 200	¢2,55/kWh	¢433,50
CVC 200 a 300	¢3,91/kWh	¢391,00
CVC mayor a 300	¢4,05/kWh	¢213,98

**Costo Total Variable Combustible    ¢1.114,98**

<b>Costo Alumbrado Público</b>		
Monto total en colones por Alumbrado Público	¢3,51/kWh	<b>¢1.238,45</b>

<b>FACTURACIÓN ( Según formato CNFL)</b>		
<b>COD.</b>	<b>DETALLE</b>	<b>Costo</b>
1	ENERGIA	¢31.235,26
CVC	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE	¢1.114,98
6	ALUMBRADO PUBLICO	¢1.238,45
IVG	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO ( 13%)	¢4.366,53
TRB	TRIBUTO BOMBEROS	¢460,00

**TOTAL POR PAGAR    ¢38.415,23**



### 6.1.4 Cálculo consumo energético por penthouse

Tabla 32. Cálculo consumo energético por Penthouse. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorescente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	37	15	4	2220	2,22	66,6
2 Bombillas fluorescente 10 W (Potencia total 10 Wx2=20W)	8	10	0,6	48	0,048	1,44
Televisor de 21"	3	140	3	1260	1,26	37,8
Equipo de Sonido	0	200	0,75	0	0	0
Horno de Microondas	1	1200	0,4	480	0,48	14,4
Coffee Maker	1	800	0,25	200	0,2	6
Olla Arrocera	1	700	0,4	280	0,28	8,4
Cocina discos pequeños (2 discos)	1	1000	0,5	500	0,5	15
Cocina discos grandes (2 discos)	1	1800	0,6	1080	1,08	32,4
Refrigeradora	1	290	7	2030	2,03	60,9
Termoducha	1	4000	0,4	1600	1,6	48
Lavadora (10 días al mes)	1	385	2,5	962,5	0,9625	9,625
Computadora	1	190	2,5	475	0,475	4,75
Mini SPLIT	2	1350	5	13500	13,5	135
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						440,315

Cálculo del costo por consumo de energía	Tarifa	consumo kwh	Monto
Costo primeros 200 kWh	₡71,43	200	₡14.286,00
Bloque de Consumo de 200kh a 300 kwh	₡109,62	100	₡10.962,00
Bloque de Consumo mayor a 300 kwh	₡113,32	140,315	₡15.900,50

Monto total en colones por energía	440,315	₡41.148,50
------------------------------------	---------	------------

Costo Variable Combustible CVC		
CVC 0 a 30	₡2,55/kWh	₡76,50
CVC 30,0001 a 200	₡2,55/kWh	₡433,50
CVC 200 a 300	₡3,91/kWh	₡391,00
CVC mayor a 300	₡4,05/kWh	₡568,28

**Costo Total Variable Combustible ₡1.469,28**

Costo Alumbrado Público		
Monto total en colones por Alumbrado Público	₡3,51/kWh	₡1.545,51

FACTURACIÓN ( Según formato CNFL)		
COD.	DETALLE	Costo
1	ENERGIA	¢41.148,50
CVC	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE	¢1.469,28
6	ALUMBRADO PUBLICO	¢1.545,51
IVG	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO ( 13%)	¢5.741,23
TRB	TRIBUTO BOMBEROS	¢460,00

**TOTAL POR PAGAR ¢50.364,50**

### 6.1.5 Calculo consumo energético en áreas comunes del edificio

Tabla 33. Calculo consumo energético áreas sociales del Nivel 2° al Nivel 15°. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza

CIRCULACIÓN PASILLOS EDIFICIO						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorecente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	104	15	8	12480	12,48	374,4
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						374,4

AREA DE ESCALERAS						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorecente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	26	15	4	1560	1,56	46,8
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						46,8

AREA DE ESCALERA DE EMERGENCIA						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorecente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	26	15	4	1560	1,56	46,8
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						46,8

ASCENSORES						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
ASCENSORES	2	4600	4	36800	36,8	1104
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						1104

Total Energía Eléctrica mensual NIVEL 0.00 (kWh)						1572
--	--	--	--	--	--	------

Cálculo del costo por consumo de energía	Tarifa	consumo kwh	Monto
Costo primeros 200 kWh	¢71,43	200	¢14.286,00
Bloque de Consumo de 200kh a 300 kwh	¢109,62	100	¢10.962,00
Bloque de Consumo mayor a 300 kwh	¢113,32	1272	¢144.143,04

Monto total en colones por energía	1572	¢169.391,04
------------------------------------	------	-------------

Costo Variable Combustible CVC		
CVC 0 a 30	¢2,55/kWh	¢76,50
CVC 30,0001 a 200	¢2,55/kWh	¢433,50
CVC 200 a 300	¢3,91/kWh	¢391,00
CVC Mayor a 300	¢4,05/kWh	¢5.151,60

**Costo Total Variable Combustible      ¢6.052,60**

Costo Alumbrado Público		
Monto total en colones por Alumbrado Público	¢3,51/kWh	<b>¢5.517,72</b>

FACTURACIÓN ( Según formato CNFL)		
COD.	DETALLE	Costo
1	ENERGIA	¢169.391,04
CVC	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE	¢6.052,60
6	ALUMBRADO PUBLICO	¢5.517,72
IVG	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO ( 13%)	¢23.524,98
TRB	TRIBUTO BOMBEROS	¢460,00

**TOTAL POR PAGAR      ¢204.946,34**

### 6.1.5 Calculo consumo energético área nivel de acceso 0.00

Tabla 34. Calculo consumo energético nivel 0.00 Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza

Parqueo bajo Techo ( Sotano)						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorecente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	27	15	4	1620	1,62	48,6
Toma uso general	20	200	0,5	2000	2	60
Toma salida Especial 240v	0	1000	0	0	0	0
<b>Total Energía Eléctrica mensual (kWh)</b>						<b>108,6</b>

Parqueo Externo con cubierta						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorecente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	7	15	4	420	0,42	12,6
Toma uso general	5	200	0,5	500	0,5	15
Toma salida Especial 240v	0	1000	0	0	0	0
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						27,6
Gimnasio y Salon Multiusos						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorecente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	35	15	4	2100	2,1	63
Toma uso general	13	200	0,5	1300	1,3	39
Toma salida Especial 240v	0	1000	0	0	0	0
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						102
Total Energía Eléctrica mensual NIVEL 0.00 (kWh)						238,2

Cálculo del costo por consumo de energía	Tarifa	consumo kwh	Monto
Costo primeros 200 kWh	¢71,43	200	¢14.286,00
Bloque de Consumo de 200kh a 300 kwh	¢109,62	38,2	¢4.187,48
Bloque de Consumo mayor a 300 kwh	¢113,32	0	¢0,00

Monto total en colones por energía	238,2	¢18.473,48
------------------------------------	-------	------------

Costo Variable Combustible CVC		
CVC 0 a 30	¢2,55/kWh	¢76,50
CVC 30,0001 a 200	¢2,55/kWh	¢433,50
CVC 200 a 300	¢3,91/kWh	¢149,36

**Costo Total Variable Combustible      ¢659,36**

Costo Alumbrado Público		
Monto total en colones por Alumbrado Público	¢3,51/kWh	<b>¢836,08</b>

FACTURACIÓN ( Según formato CNFL)		
COD.	DETALLE	Costo
1	ENERGIA	¢18.473,48
CVC	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE	¢659,36
6	ALUMBRADO PUBLICO	¢836,08
IVG	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO ( 13%)	¢2.595,96
TRB	TRIBUTOS BOMBEROS	¢460,00

**TOTAL POR PAGAR    ¢23.024,89**

### 6.1.6 Calculo consumo energético sótano nivel 0-3.00 m

Tabla 35. Calculo consumo energético nivel sótano 0 – 3.00 m Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Ing. Elect. Heiner Sanabria Espinoza

Parqueo bajo Techo ( Sotano 0- 3,00 m)						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorescente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	102	15	8	12240	12,24	367,2
Toma uso general	32	200	0,25	1600	1,6	48
Toma salida Especial 240v	0	1000	0	0	0	0
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						415,2

Cálculo del costo por consumo de energía	Tarifa	consumo kwh	Monto
Costo primeros 200 kWh	¢71,43	200	¢14.286,00
Bloque de Consumo de 200kh a 300 kwh	¢109,62	100	¢10.962,00
Bloque de Consumo mayor a 300 kwh	¢113,32	115,2	¢13.054,46

Monto total en colones por energía	415,2	¢38.302,46
------------------------------------	-------	------------

Costo Variable Combustible CVC		
CVC 0 a 30	¢2,55/kWh	¢76,50
CVC 30,0001 a 200	¢2,55/kWh	¢433,50
CVC 200 a 300	¢3,91/kWh	¢391,00
CVC mayor a 300	¢4,05/kWh	¢466,56

**Costo Total Variable Combustible ¢1.367,56**

Costo Alumbrado Público		
Monto total en colones por Alumbrado Público	¢3,51/kWh	¢1.457,35

FACTURACIÓN ( Según formato CNFL)		
COD.	DETALLE	Costo
1	ENERGIA	¢38.302,46
CVC	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE	¢1.367,56
6	ALUMBRADO PUBLICO	¢1.457,35
IVG	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO ( 13%)	¢5.346,56
TRB	TRIBUTO BOMBEROS	¢460,00

**TOTAL POR PAGAR ¢46.933,93**

### 6.1.7 Calculo consumo energético nivel sótano 0- 6.00 m

Parqueo bajo Techo ( Sotano 0- 6.00 m)						
Salida o Equipo	Cantidad	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas (día)	Energía Wh (día por mes)	Energía kWh (día)	Energía Wh (mes)
4 Bombillas fluorecente de 15 W (Potencia total 15 Wx4= 60 W)	18	15	8	2160	2,16	64,8
Toma uso general	16	200	0,25	800	0,8	24
Toma salida Especial 240v	1	1000	0,5	500	0,5	15
Total Energía Eléctrica mensual (kWh)						103,8

Cálculo del costo por consumo de energía	Tarifa	consumo kwh	Monto
Costo primeros 200 kWh	¢71,43	103,8	¢7.414,43
Bloque de Consumo de 200kh a 300 kwh	¢109,62	0	¢0,00
Bloque de Consumo mayor a 300 kwh	¢113,32	0	¢0,00

Monto total en colones por energía	103,8	¢7.414,43
------------------------------------	-------	-----------

Costo Variable Combustible CVC		
CVC 0 a 30	¢2,55/kWh	¢76,50
CVC 30,0001 a 200	¢2,55/kWh	¢188,19

**Costo Total Variable Combustible    ¢264,69**

FACTURACIÓN ( Según formato CNFL)		
COD.	DETALLE	Costo
1	ENERGIA	¢7.414,43
CVC	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE	¢264,69
6	ALUMBRADO PUBLICO	¢364,34
IVG	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO ( 13%)	¢1.045,65
TRB	TRIBUTO BOMBEROS	¢460,00

**TOTAL POR PAGAR            ¢9.549,11**

### 6.2 Consumo eléctrico por nivel del edificio

Después de determinar el consumo de energía en kwh/mes por tipo de apartamento, áreas sociales y cálculo de consumo en el nivel 0.00, nivel 0 – 3.00 m y nivel 0 – 6.00 m, se procede a realizar la sumatoria por nivel del edificio.

El edificio posee plantas que se repiten en tres grupos, del nivel 2º al nivel 6º, nivel 7º al nivel 13º y en el punto más alto del edificio se ubican los cuatro penthouse.

Para efectos del cálculo energético, realizaremos el cálculo por nivel y posteriormente los multiplicaremos por el número de niveles al que pertenece cada grupo.

### 6.2.1 Calculo consumo energético de apartamentos del nivel 2° al nivel 6°

**Total kwh/mes por nivel:** 2,594.08 kwh/mes

**Total kwh/mes del nivel 2° al nivel 6°:** 12,970.40 kwh/mes

(Multiplicación kwh/mes por 5 niveles)

Tabla 36. Calculo consumo energético de los apartamentos ubicados en los niveles 2° al nivel 6°. Fuente elaboración propia

Apartamentos Nivel 2° al 6°							
N° de Tipo de Apartamento	Cantidad de Apartamentos Tipo por nivel	Descripción	kw / h	Costo estimado en consumo	Cantidad de Niveles	Total KW/h de Apartamentos del Nivel 2° al 6°	Total del costo consumo estimado del Nivel 2° al 6°
1	4	Apart. 1 habitación	310,535	₡ 32.637,28	5	12970,4	₡ 1.380.471,75
1		Apart. 1 habitación	310,535	₡ 32.637,28			
1		Apart. 1 habitación	310,535	₡ 32.637,28			
1		Apart. 1 habitación	310,535	₡ 32.637,28			
2	1	Apart. de 2 Habitaciones	333,035	₡ 35.710,00			
3	1	Apart. de 2 Habitaciones	333,035	₡ 35.710,00			
4	1	Apart. de 2 Habitaciones	333,035	₡ 35.710,00			
5	1	Apart. de 3 Habitaciones	352,835	₡ 38.415,23			

### 6.2.2 Calculo consumo energético del nivel 7° al nivel 13°

**Total kwh/mes por nivel:** 2,594.08 kwh/mes

**Total kwh/mes del nivel 7° al nivel 13°:** 18,158.56 kwh/mes

(Multiplicación kwh/mes por 7 niveles)

Tabla 37. Calculo consumo energético de los apartamentos ubicados en los niveles 7° al nivel 13°. Fuente elaboración propia

Apartamentos Nivel 7° al 13°							
N° de Tipo de Apartamento	Cantidad de Apartamentos Tipo por nivel	Descripción	kw / h	Costo estimado en consumo	Cantidad de Niveles	Total KW/h de Apartamentos del Nivel 7° al 13°	Total del costo consumo estimado del Nivel 7° al 13°
1	4	Apart. 1 habitación	310,535	₡ 32.637,28	7	18158,56	₡ 1.932.660,45
1		Apart. 1 habitación	310,535	₡ 32.637,28			
1		Apart. 1 habitación	310,535	₡ 32.637,28			
1		Apart. 1 habitación	310,535	₡ 32.637,28			
6	1	Apart. de 2 Habitaciones	333,035	₡ 35.710,00			
7	1	Apart. de 2 Habitaciones	333,035	₡ 35.710,00			
8	1	Apart. de 2 Habitaciones	333,035	₡ 35.710,00			
9	1	Apart. de 3 Habitaciones	352,835	₡ 38.415,23			



### 6.2.3 Calculo consumo energético nivel 14° y 15° (Pent-house)

**Total kwh/mes Penthouse:** 1,761.26 kwh/mes

Tabla 38. Calculo consumo energético de los Penthouse ubicados en los niveles 14° y 15°. Fuente elaboración propia

PENTHOUSE						
Cantidad de Penthouse	N° de Tipo de Penthouse	Características	kw / h	Costo estimado en consumo	Total KW/h Penthouse	Total del costo consumo Penthouse
4	1	Penthouse (2 habitaciones)	440,315	₺ 50.364,50	1761,26	₺ 201.458,00
	2	Penthouse (2 habitaciones)	440,315	₺ 50.364,50		
	3	Penthouse (2 habitaciones)	440,315	₺ 50.364,50		
	4	Penthouse (2 habitaciones)	440,315	₺ 50.364,50		

### 6.2.4 Calculo consumo energético áreas comunes

**Total kwh/mes áreas comunes:** 1,572.00 kwh/mes

Tabla 39. Calculo consumo energético áreas comunes nivel 2° al nivel 15°. Fuente elaboración propia

Áreas comunes del edificio ( Nivel 2° al 15°)			
Descripción	kw / h	Total KW/h Áreas Sociales	Total del costo consumo Áreas Sociales
Circulacion de pasillo	374,4	1572	₺ 204.946,34
Area de escaleras	46,8		
Area de escaleras de emergencia	46,8		
Ascensores	1104		

### 6.2.4 Calculo consumo energético Nivel 0.00

**Total kwh/mes nivel 0.00:** 238.20 kwh/mes

Tabla 40. Calculo consumo energético nivel 0.00. Fuente elaboración propia

Consumo energético NIVEL 0.00			
Descripción	kw / h	Total KW/h Nivel 0.00	Total del costo consumo Nivel 0.00
Parqueo bajo techo ( sotano)	108,6	238,2	₺ 23.024,89
Parqueo externo con cubierta	27,6		
Gimnasio y salon Multiusos	102		

### 6.2.5 Calculo consumo energético nivel 0 -3.00 m

**Total kwh/mes nivel 0 – 3.00 m:** 415.20 kwh/mes

Tabla 41. Calculo consumo energético nivel 0 – 3.00 m. Fuente elaboración propia

Consumo energético NIVEL 0.00 - 3.00 m			
Descripción	kw / h	Total KW/h Nivel 0.00	Total del costo consumo Nivel 0.00
Area de Sótano	415,2	415,2	₡ 46.933,93

### 6.2.6 Calculo consumo energético nivel 0 – 6.00 m

**Total kwh/mes nivel 0 – 6.00 m:** 103.80 kwh/mes

Tabla 42. Calculo consumo energético nivel 0 – 6.00 m. Fuente elaboración propia

Consumo energético NIVEL 0.00 - 6.00 m			
Descripción	kw / h	Total KW/h Nivel 0.00	Total del costo consumo Nivel 0.00
Area de Sótano	103,8	103,8	₡ 9.549,11

## 6.3 Resumen del consumo eléctrico de todo el edificio

Después de realizar una sumatoria del consumo eléctrico por apartamento, de áreas comunes y sociales del edificio, se obtiene un estimado del consumo eléctrico mensual de **35,219.42 kwh/mes** que equivale a un valor en colones de **₡ 3, 799,044.47** (tres millones setecientos noventa y nueve mil cuarenta y cuatro colones con cuarenta y siete céntimos).

Estos datos se desglosan en el siguiente gráfico:

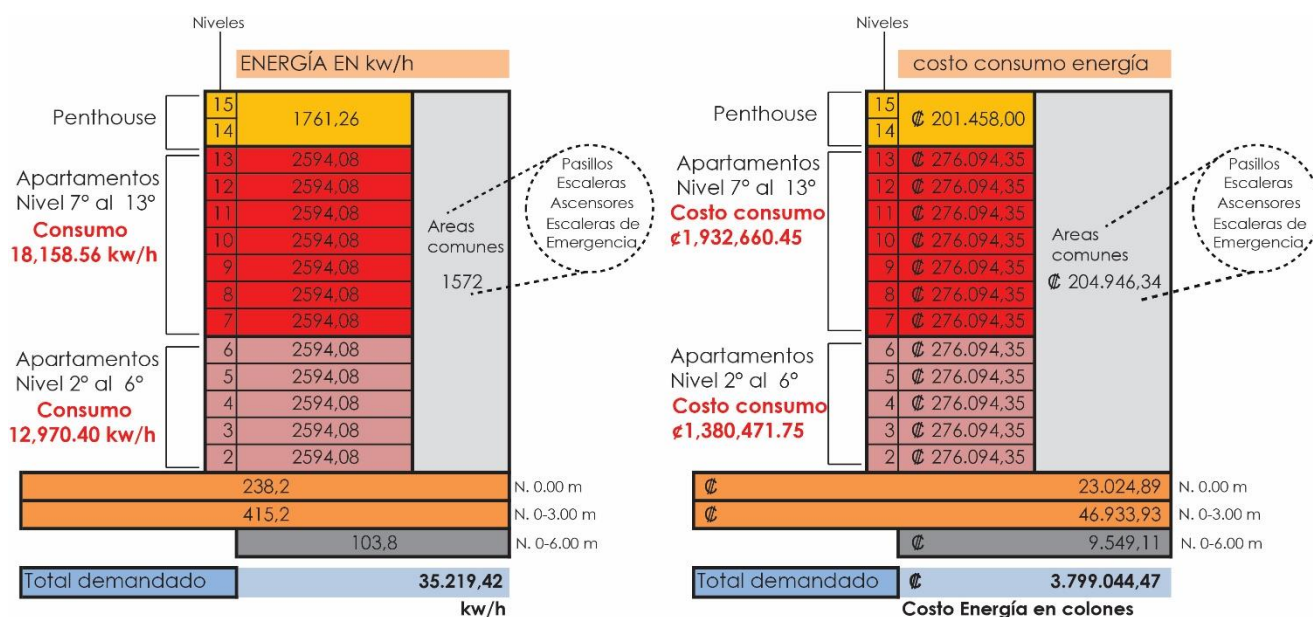


Figura 56. Diagrama resumen consumo de energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia

## 7. Análisis de Consumo de agua potable

Se realiza el cálculo basado en el código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones versión 2017, para calcular el consumo estimado de agua potable en el proyecto, basado en la dotación mínima de agua potable (litro/día) utilizando los siguientes parámetros:

- Apartamentos y condominios: 250 litros/día por persona
- Instalaciones deportivas y baños públicos: 50 litros/día por pieza
- Jardines o áreas verdes: 1.5 litros/día por m<sup>2</sup>

### 7.1 Cálculo de consumo de agua potable por nivel, áreas recreativas y riego de jardines

Basados en los parámetros definidos según el código de instalaciones hidráulicas mencionados anteriormente, se procede a realizar un conteo en donde se determina la cantidad de personas por apartamento, servicios sanitarios de uso general en áreas comunes, además de áreas destinadas a zonas verdes y zonas recreativas.

Con el fin de determinar una cantidad de m<sup>3</sup> de agua potable demandado en el edificio y su impacto económico en el costo de la factura por suministro de agua potable, se realizó un estimado de consumo por apartamento según sea su cantidad de usuarios, para posteriormente realizar una sumatoria y totalizar el consumo total del edificio.

Para el cálculo del costo estimado del consumo de agua potable, se tomó de referencias las tarifas estipuladas por la Autoridad Reguladora De Los Servicios Públicos (ARESEP), en la resolución RE-0001-IA-2019 del expediente ET-074-2018, publicada en la Gaceta N°79, Alcance N°94 (página 73) del 30 de abril del 2019, la cual fija las tarifas para el servicio de agua potable que brinda el AYA. Las tarifas se desglosan en la siguiente tabla:

Tabla 43. Tarifas por consumo de agua potable (colones por metro cubico consumido mensualmente)  
Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Tarifas vigentes: Acueducto				
BLOQUE CONSUMO	DOMICILIAR	EMPRESARIAL	PREFERENCIAL	GOBIERNO
0 a 15 m <sup>3</sup>	355	1.405	355	1.405
16 a 25 m <sup>3</sup>	710	1.705	710	1.705
26 a 40 m <sup>3</sup>	785	1.705	710	1.705
41 a 60 m <sup>3</sup>	925	1.705	710	1.705
61 a 80 m <sup>3</sup>	1.705	1.705	785	1.705
81 a 100 m <sup>3</sup>	1.705	1.705	785	1.705
101 a 120 m <sup>3</sup>	1.705	1.705	785	1.705
mas de 120 m <sup>3</sup>	1.790	1.790	785	1.790
Tarifa Fija	9.710	33.025	28.485	124.410
Cargo Fijo	2.000	2.000	2.000	2.000

### 7.1.1 Ejemplo de facturación según el formato del AYA

Para calcular el costo por concepto de consumo de agua potable, se utilizó la calculadora en línea que facilita el AYA, en su sitio oficial [www.aya.go.cr/serviciocliente](http://www.aya.go.cr/serviciocliente).

A continuación, se detalla el desglose de la misma, utilizando un ejemplo de un consumo **15m<sup>3</sup> mensual**, bajo la categoría domiciliar, en donde el costo por el servicio fue de **₡ 12,980.00**

Tabla 44. Tabla cálculo de estimación de facturación por consumo por m3 mensual de agua potable.  
Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Ver desglose: Acueductos
<p>Resolución RE-0001-IA-2019, rige a partir del día 01 de junio del 2019</p> <p><b>Detalle de la Estimación por Acueductos</b></p> <p>Cargo Fijo por ₡ 2,000 x 1 Unidad(es) habitacional(es) = ₡ 2,000</p> <p>15 m3 a un precio de ₡ 355.00 c/u para un total de ₡ 5,325.00</p> <p><b>Estimación total por Acueductos: ₡ 7,325.00</b></p>
Ver desglose: Alcantarillados
<p>Resolución RIA-009-2017, rige a partir del día 01 de octubre del 2017</p> <p><b>Detalle de la Estimación por Alcantarillados</b></p> <p>Cargo Fijo por ₡ 1,200 x 1 Unidad(es) habitacional(es) = ₡ 1,200</p> <p>15 m3 a un precio de ₡ 273.00 c/u para un total de ₡ 4,095.00</p> <p><b>Estimación total por Alcantarillados: ₡ 5,295.00</b></p>
Ver desglose: Hidrantes
<p>Resolución RIA-002-2016, rige a partir del día 02 de enero del 2017</p> <p><b>Detalle de la Estimación por Hidrantes</b></p> <p>15 m3 a un precio de ₡ 24.00 por m3, para un total de ₡ 360.00</p> <p><b>Estimación total por Hidrantes: ₡ 360.00</b></p>
<p><b>Estimación total de la tarifa: ₡ 12,980.00</b></p>

### 7.1.2 Cálculo consumo de agua potable del nivel 2° al nivel 6°

**Total (Litros / día) por nivel:** 6,500 litros/día

**Total de consumo del nivel 2° al nivel 6°:** 32,500 litros/día

Tabla 45. Tabla resumen del consumo de agua potable del nivel 2° al nivel 6°. Fuente Elaboración propia

Apartamentos Nivel 2° al 6°									
N° de Tipo de Apartamento	Descripción	Cantidad de personas	Consumo por persona ( Litros/ día)	Consumo por apartamento ( Litros/ día)	Consumo en m3 mensuales por apartamento	Estimación total de la tarifa	Cantidad de niveles	Total de consumo Nivel 2° al 6° (Litros/día)	Costo total consumo Nivel 2° al 6° mensual
1	Apartamento 1 Habitación	2	250	500	15,00	€ 12.980,00	5	32500	€ 1.026.850,00
1	Apartamento 1 Habitación	2	250	500	15,00	€ 12.980,00			
1	Apartamento 1 Habitación	2	250	500	15,00	€ 12.980,00			
1	Apartamento 1 Habitación	2	250	500	15,00	€ 12.980,00			
2	Apartamento 2 Habitaciones	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00			
3	Apartamento 2 Habitaciones	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00			
4	Apartamento 2 Habitaciones	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00			
5	Apartamento 3 Habitación	6	250	1500	45,00	€ 55.095,00			

### 7.1.3 Calculo consumo de agua potable del nivel 7° al nivel 13°

**Total (Litros / día) por nivel:** 6,500 litros/día

**Total de consumo del nivel 7° al nivel 13°:** 45,500 litros/día

Tabla 46. Tabla resumen del consumo de agua potable del nivel 7° al nivel 13°. Fuente Elaboración propia

Apartamentos Nivel 7° al 13°									
N° de Tipo de Apartamento	Descripción	Cantidad de personas	Consumo por persona ( Litros/ día)	Consumo por apartamento ( Litros/ día)	Consumo en m3 mensuales	Estimación total de la tarifa	Cantidad de niveles	Total de consumo Nivel 7° al 13° (Litros/día)	Costo total consumo Nivel 7° al 13° mensual
1	Apartamento 1 Habitación	2	250	500	15,00	€ 12.980,00	7	45500	€ 1.437.590,00
1	Apartamento 1 Habitación	2	250	500	15,00	€ 12.980,00			
1	Apartamento 1 Habitación	2	250	500	15,00	€ 12.980,00			
1	Apartamento 1 Habitación	2	250	500	15,00	€ 12.980,00			
6	Apartamento 2 Habitaciones	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00			
7	Apartamento 2 Habitaciones	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00			
8	Apartamento 2 Habitaciones	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00			
9	Apartamento 3 Habitación	6	250	1500	45,00	€ 55.095,00			

### 7.1.4 Calculo de consumo de agua potable nivel 14° y 15° Penthouse

**Total (Litros / día) por penthouse:** 1,000 litros/día

**Total de consumo de penthouse:** 4,000 litros/día

Tabla 47. Tabla resumen del consumo de agua potable de los penthouse. Fuente Elaboración propia

PENTHOUSE								
N° de Tipo de PENTHOUSE	Descripción	Cantidad de personas	Consumo por persona ( Litros/ día)	Consumo por Penthouse ( Litros/ día)	Consumo en m3 mensuales	Estimación total de la tarifa	Total de consumo de Penthouse (Litros/día)	Costo total consumo de Penthouse
1	Penthouse	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00	4000	€ 131.140,00
2	Penthouse	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00		
3	Penthouse	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00		
4	Penthouse	4	250	1000	30,00	€ 32.785,00		

### 7.1.5 Calculo de agua potable para abastecer obras complementarias

Tabla 48. Tabla resumen del consumo de agua potable de los servicios sanitarios en áreas comunes.  
Fuente Elaboración propia

SERVICIOS SANITARIOS EN AREAS COMUNES					
Descripción	Cantidad de s.s.	Consumo por S.S. ( Litros/ día)	Consumo total por S.S. ( Litros/ día)	Consumo en m3 mensuales	Estimacion total de la tarifa
Dotacion de agua para S.S.	4	50	200	6,00	₡ 7.112,00

Después de realizados los cálculos podemos determinar que el consumo estimado de agua potable (litros/ día) utilizado en los servicios sanitarios de las áreas comunes es de 200,000.

Tabla 49. Tabla de dotación de agua potable utilizada en zonas verdes. Fuente: Elaboración propia

AREAS VERDES					
Descripcion	Area	Consumo (litros/día) m2	Consumo Total (Litros/día) Nivel	Consumo en m3 mensuales	Costo total consumo de areas verdes
JARDINES	657	1,5	985,5	29,57	₡ 31.382,00

Después de realizados los cálculos podemos determinar que el consumo estimado de agua potable (litros/ día) utilizado en los jardines es de **985.50**

Tabla 50. Tabla de dotación de agua potable utilizada en la piscina. Fuente: Elaboracion propia

Piscina						
Descripcion	Volumen Agua (m3)	Litros de Agua	Cambio de agua de una piscina con recirculación ( 1 vez cada 5 años)	Conversion a días Litros/día	Consumo en m3 mensuales	Costo total consumo piscina
Piscina	85,40	85.400,00	5	46,79	1,40	₡ 3.982,00

\* 5 años= 1825 días

Para poder realizar el cálculo de dotación de agua para la piscina se toma cuenta que la piscina posee un sistema de recirculación del agua por medio de una bomba, por lo que se asume un cambio total del agua, una vez cada 5 años.

Por lo tanto, para realizar el cálculo de consumo (litros / día), se tomaron los litros de agua totales que se necesitan para llenar la piscina, y se dividió en un periodo de cambio de 5 años, es decir 1825 días, para así poder determinar un promedio gasto diario.

Después de realizados los cálculos podemos determinar que el consumo estimado de agua potable (litros/ día) utilizado en la piscina es de **46.79**



## 7.2 Resumen de consumo de agua potable del proyecto

Después de realizar un conteo detallado de ocupamiento por cada nivel del edificio y de realizar un conteo de áreas complementarias ligadas al proyecto, se determinó un consumo estimado de agua potable de **83,232.29 litros/día**, que equivale a un valor en colones al aplicar la tarifa estipulada del AYA de **¢ 2,669,438.00 (dos millones seiscientos sesenta y nueve mil cuatrocientos treinta y ocho colones exactos)**.

Para efectos del ejercicio de investigación se determinó que se debe almacenar agua en un tanque, al menos para tres días de abastecimiento, lo que provocaría tener un tanque en sitio con la capacidad de almacenar **249,696.88 litros de agua**, es decir ocuparíamos un tanque con capacidad para **249.70m<sup>3</sup> de agua**.

Se determinó de acuerdo a los planos suministrados, que el edificio actual cuenta con un tanque de almacenamiento de agua potable con capacidad de almacenar 240.75m<sup>3</sup> de agua.

Estos datos se desglosan en el siguiente diagrama:

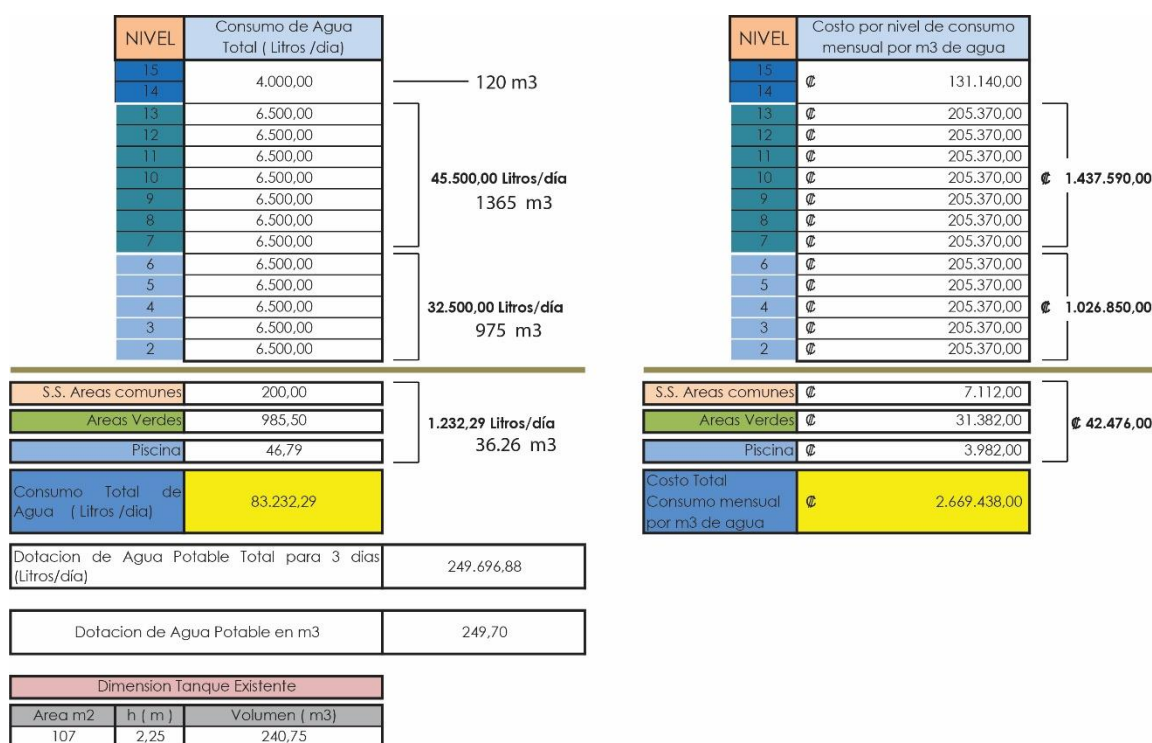


Figura 57. Diagrama resumen consumo de agua potable. Fuente: Elaboración propia

## **8 Síntesis análisis edificio actual**

### **8.1 Aspectos positivos del edificio actual**

Después de realizar un análisis del proyecto, podemos concluir que tiene como aspectos positivos los siguientes puntos:

- El proyecto promueve la densidad
- Manejo electromecánico centralizados (permitió bajar la escala del tamaño entre niveles, generando ahorro en m<sup>2</sup> de construcción, optimizando del espacio)
- Edificio aislado del ruido externo
- Estructura en concreto, la cual va ligado al diseño y división de apartamentos
- Envolvente y cerramientos del edificio resistentes y con alta durabilidad
- Cerramiento internos y acabados de acuerdo al uso espacial
- Existencia de cuarto de máquinas con soporte y almacenamiento de agua para el abastecimiento continuo en el edificio
- Edificio con áreas de apoyo y recreación que estimulan la relajación mental e interacción social entre inquilinos
- Edificio cumple con normativa de bomberos

### **8.2 Aspectos negativos del edificio actual**

Como aspectos negativos del edificio, a los que se les quiere abordar e implementar mejoras desde un punto de vista de sostenibilidad, si tienen los siguientes puntos:

- El edificio no promueve el uso de estrategias pasivas
- El edificio no cuenta con protección a la incidencia solar en las fachadas este y oeste
- Se utiliza agua potable para riego de jardines
- Se utiliza agua potable para abastecer servicios mecánicos de mantenimiento y recreación
- Las aguas residuales van de manera directa al sistema de alcantarillado público, sin ningún tratamiento
- El edificio es dependiente de sistemas mecánicos

Otros aspectos que se tomaron como negativos, pero los cuales no se pueden variar son:

- El edificio es poco flexible a cambios internos (sistema estructural tipo muros que impide readecuar espacios)
- El emplazamiento del edificio provoca gran incidencia solar en las fachadas con mayor área del edificio.

## **9 Evaluación situación actual del edificio, modelo multicriterio**

Por medio del modelo multicriterio, el cual es una herramienta utilizada en la Maestría de Arquitectura y Construcción para evaluar el grado de sostenibilidad de un proyecto en específico de un modo cuantitativo, con el fin de implementar acciones o intervenciones que mejoren las posibilidades de éxito del proyecto desde un punto de vista de sostenibilidad, se procede a realizar la valoración del edificio del caso de estudio.

La metodología está hecha con base en tres ámbitos principales:

- Físico – Ambiental
- Socio – Cultural
- Económico - Financiero

Dicha valoración va a ser apoyada específicamente en el ámbito Físico –Ambiental, en variables fundamentadas en dos libros:

- “Guía de construcción sostenible”
- “ The Sustainable site initiative”

El objetivo de esta evaluación es determinar los aspectos positivos y negativos del edificio, para fortalecer el proyecto desde el punto de sostenibilidad físico-ambiental, socio-cultural y económico-financiero.

En un primer orden de jerarquía se plantean las variables de valoración para cada ámbito, en el segundo orden de jerarquía se indican los estados y en un tercer orden una escala de valores ponderados con un máximo de cuatro estados. Se asigna una escala de menor a mayor (0, 1,2 y 3) a cada variable de cada rubro y se evalúa.

Los puntos de cada subcomponente de sostenibilidad son sumados separadamente y al final se suman los tres subcomponentes y el valor resultante constituye la posibilidad de éxito del proyecto, desde el punto de vista de la sostenibilidad.

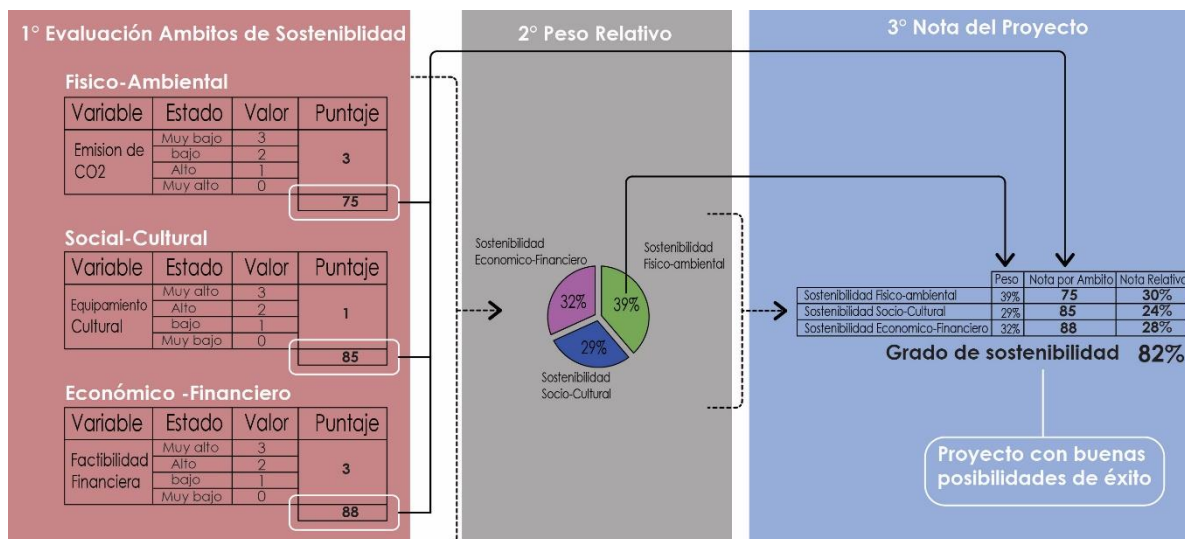


Figura 58. Diagrama procedimiento para la aplicación del análisis Multicriterio aplicado en la Maestría de Arquitectura y Construcción, bajo la metodología aplicada del Arq. Jorge Evelio Ramírez. Fuente: Ramírez. J. (2012) modelo multicriterio, arquitectura y pedagogía

## 9.1 Sostenibilidad Físico- Ambiental

El evaluar el edificio con la herramienta multicriterio, tenemos que desde el punto de vista físico-ambiental el edificio tiene una **nota de 54%**, esta información se desglosa en las siguientes tablas:

Tabla 51. Tabla resumen valoración Físico - Ambiental del proyecto original

RESUMEN	
Total de Variables	43
Puntaje Total	126
Puntaje Obtenido	68
Valor Porcentual	54%

Tabla 52. Valoración Sostenibilidad Físico- Ambiental del proyecto original

1. Sostenibilidad Físico-Ambiental				
Variables	Estados	Valor	Puntaje inicial	Puntaje Final
Confort Climático (Edificio)	a. Ventilación Natural (temp.Humedad relativa adecuada)	3	1	2
	b. Ventilación semi nat. (Ventiladores-cielo)Ty H adecuada	2		
	c. Ventilación semi nat. (Ventiladores-cielo)Ty H inadecuada	1		
	d. Ventilación artificial (aire acondicionado)	0		
Radiación solar	a. Protección a incidencia solar/orientación de ventanas	3	0	2
	b. Protección por parasoles fijos o bloques/ventilación	2		
	c. Protección mediante estrategias pasivas	1		
	d. Sin protección en áreas mayor incidencia	0		
Iluminación – día	a. Iluminación natural 75% de áreas	3	2	2
	b. Iluminación natural 60% de áreas	2		
	c. Iluminación natural 45% de áreas	1		
	d. Iluminación natural menor de 40% de área	0		
Aislamiento térmico (Paredes expuestas al sol)	a. Concreto armado integral y cerramiento livianos con aislante termico	3	3	3
	b. Marco estructural y bloques de concreto	2		
	c. Perfil acero y papelería liviana (fibrolit, durok u otros)	1		
	d. Marco de concreto o perfil de acero y vidrio	0		
Manejo de Residuos	a. Planta de tratamiento, biodigestor, y separación de desechos (mucho aprovechamiento)	3	0	0
	b. Planta de tratamiento y biodigestor (medio aprovechamiento)	2		
	c. Tratamiento de desechos con planta (sin retorno)	1		
	d. Desecho directo a cloaca (sin retorno)	0		
Ventilación (estrategias pasivas)	a. Ventilación del Edificio con ventilación cruzada y estrategias pasivas en un 100%	3	1	2
	b. Ventilación del Edificio con ventilación cruzada y estrategias pasivas en un 80%	2		
	c. Ventilación del Edificio con ventilación cruzada y estrategias pasivas en un 60%	1		
	d. Inexistencia de ventilación cruzada, utilización de sistemas mecánicos como complemento del control climático dentro del edificio	0		
Sellado de piso (incluye estacionamientos y accesos)	a. Material que permite infiltraciones (un 70% o + terreno)	3	0	0
	b. Material que permite infiltraciones (entre 50% y 69%)	2		
	c. Material que permite infiltraciones (entre 30% y 49%)	1		
	d. Material que permite infiltraciones (entre 29% y 0)	0		
Aislamiento térmico en ventanería	a. Utilización de Ventanería Tipo Muro cortina con vidrio con aislamiento térmico que baja en un 80% la emisividad de calor dentro del edificio	3	2	2
	b. Utilización de Sistema de Ventanería convencional con vidrio con aislamiento térmico, que baja en un 60% la emisividad de calor dentro del edificio	2		
	c. Utilización de Sistema de Ventanería convencional con vidrios polarizados, que baja en un 30% la emisividad de calor dentro del edificio	1		
	d. Utilización de sistemas de ventanería convencional con vidrio natural, sin aislamiento térmico	0		
Capacidad de Crecimiento Integral del Edificio	a. Espacio estandarizado previsto para crecer integralmente a nivel funcional y estructural ( estandarizado y modulado)	3	0	0
	b. Espacio previsto para crecer integralmente a nivel funcional y estructural ( no estandarizado, ni modulado)	2		
	c. Espacio con capacidad de crecer haciendo cambios funcionales y estructurales	1		
	d. Espacio sin capacidad de crecimiento ni intervenciones integrales	0		

Aislamiento Acustico	a.	Se atenúa al menos 50db del ambiente externo	3	3	3
	b.	Se atenúa al menos 30db del ambiente externo.	2		
	c.	Se atenúa menos de 20db del ambiente externo.	1		
	d.	No se atenúa el ruido externo	0		
Incidencia (vientos)	a.	Forma dinámica donde transcurren vientos dominante	3	2	2
	b.	Forma poco resist, a vientos dominantes	2		
	c.	Forma resiste parcialmente a vientos dominantes	1		
	d.	Forma resiste frontalmente a vientos dominantes	0		
Fuego y Humo ( Sistema contra incendios)	a.	Cuenta con sistema integral de prevencion contra incendios (Altura del Edificio, Dectector de humo y Extractor de humo,rociadores,luces de emergencia,extintores)	3	3	3
	b.	Cuenta con detector de humo, luces de emergencia, rociadores, extintores	2		
	c.	Cuenta con detector de humo, luces de emergencia y extintores	1		
	d.	Se cuenta solamente con luces de emergencia y extintores	0		
Capacidad de Adaptarse a nuevos usos	a.	Espacio 100% Adaptable a un nuevo uso	3	0	0
	b.	Espacio 80% Adaptable a un nuevo uso	2		
	c.	Espacio 50% Adaptable a un nuevo uso	1		
	d.	Espacio no adaptable a un nuevo uso	0		
Mantenimiento en Fachadas	a.	Material cubridor y de facil limpieza que no requiere pintura	3	2	2
	b.	Material cubridor y facil limpieza y pintura	2		
	c.	Material poco cubridor y dificulta media de limpieza	1		
	d.	Material poco cubridor y dificulta alta de limpieza	0		
Sistemas Mecanicos	a.	Sistema Mecanicos General Centralizados e integrados al sistema Arquitectonico mediante ductos ( aguas negras, pluviales y pluviales ) que ordena y libera el espacio interno del edificio	3	3	3
	b.	Sistemas Mecanicos bien ubicados, mediante ductos registrables que no afectan el espacio del edificio, pero que no esta vinculado funcionalmente ni formalmente con la estructura	2		
	c.	Sistemas Mecanicos bien ubicados, que no afectan el espacio del edificio, pero que no esta vinculado funcionalmente ni formalmente con la estructura	1		
	d.	Sistemas Mecanicos mal planificados, que afectan los espacio internos del edificio y sus diferentes funciones	0		
Eficiencia en el Proceso Constructivo	a.	Diseño que promueve la planificacion, estandarizacion y elaboracion por etapas del proceso constructivo, bajando costos y tiempos de entrega	3	3	3
	b.	Diseño que promueve la planificacion y elaboracion por etapas del proceso constructivo, bajando costos y tiempos de entrega	2		
	c.	Diseño que promueve la construccion por etapas de la construccion	1		
	d.	Diseño sin planificacion, que provoca altos costos operativos y un largo periodo de ejecucion del proceso constructivo	0		
Sistemas de emergencias	A	Cuenta con un diseño integral de prevencion y evacuación de emergencias( Sistema contraincendios, señalización,alarmas,etc)	3	3	3
	B	Existe un sistema de hidrantes, extintores y alarma además de su respectiva señalización	2		
	C	Se cuenta con salidas de emergencias adecuadas a la norma NFPA-101	1		
	D	No cuenta con ningún sistema de emergencia	0		
Funcionamiento integral (optimiza la localización de núcleos de circulaciones y su relación con los accesos principales y de servicio – carga, descarga y	A	Ubicación escaleras (normal y emergencia), rampas, elevadores y pasillos sobrepasa los lineamientos , siendo en edificio de rapida evacuacion	3	2	2
	B	Ubicación escaleras (normal y emergencia), rampas, elevadores y pasillos acorde a los reglamentos	2		
	C	Ubicación escaleras (normal y emergencia) cumple solo con algunos aspectos de la normativa	1		
	D	Ubicación escaleras (normal y emergencia), no cumple los alineamientos básicos.	0		
Factor de emision de CO2 para materiales de la Industria de la Construcion predominantes en la obra ( Huella carbonon del edificio)	A	-2 kg CO2e/kg a 0 Kg CO2e/kg ( Madera Laminada, madera de construccion)	3	1	2
	B	0 kg CO2e/kg a 5 Kg CO2e/kg ( Tablilla de Fibrocemento, lamina de fibrocemento, lamina de vidrio, varilla deformada, bloque de concreto, columna y bald. Prefab. PVC)	2		
	C	5 kg CO2e/kg a 10 Kg CO2e/kg ( Concreto Armado)	1		
	D	mayor a 10 Kg CO2e/kg ( Aluminio)	0		
Limitar el desarrollo en terrenos designados como tierras productivas.	A	El proyecto esta ubicado en una zona urbana, a 30km o más de zonas agrícolas productivas.	3	3	3
	B	El proyecto se encuentra en una zona urbano-rural, a 5km o menos de zonas agrícolas.	2		
	C	El proyecto esta ubicado en una zona rural, contiguo a una zona agrícola productiva.	1		
	D	El proyecto esta emplazado en una zona agrícola productiva.	0		
Protección de masas de agua y zonas inundables,(ríos, nacientes, quebradas, etc.).	A	El proyecto se encuentra en una zona urbana, a 5km o más de cualquier masa de agua.	3	2	2
	B	La estructura se encuentra en una zona urbano-rural, a 1km o menos de cualquier masa de agua.	2		
	C	La estructura se encuentra a 100m o menos de una masa de agua.	1		
	D	El proyecto esta ubicado a 50m o menos de una masa de agua.	0		

Protección de bosques primarios, secundarios y humedales. Protección de especies amenazadas o en peligro de extinción.	A	El proyecto se encuentra a más de 50km de cualquier tipo de zona protegida.	3	3	3
	B	El proyecto se encuentra a 1km o menos de un bosque secundario.	2		
	C	La estructura se encuentra a menos de 100m de un humedal o bosque primario.	1		
	D	El terreno esta ubicado dentro de una zona protegida.	0		
Elaboración de un prediseño de sitio y explorar oportunidades para la sostenibilidad del sitio. Se pueden prediseñar pautas hacia cumplir medidas en: 1. Diseño sitio 2. Construcción 3. Mantenimiento	A	no se toman medidas de prediseño	0	3	3
	B	Se toman medidas de prediseño en uno de los tres aspectos mencionados	1		
	C	Se toman medidas de prediseño en dos de los tres aspectos mencionados	2		
	D	Se toman medidas de prediseño en los tres aspectos mencionados	3		
Medidas de control de los planes del prediseño. Se deberá tener personal encargado de verificar el cumplimiento de las medidas de: 1. Diseño sitio 2. Construcción 3. Mantenimiento	A	No se tienen medidas para corroborar el cumplimiento de las pautas de prediseño en la realización de la obra	0	3	3
	B	Se toman medidas para corrobora el cumplimiento de los objetivos en una de las áreas mencionadas.	1		
	C	Se toman medidas para corrobora el cumplimiento de los objetivos en dos de las áreas mencionadas.	2		
	D	Se toman medidas para corrobora el cumplimiento de los objetivos en todas las áreas mencionadas.	3		
Reducir el uso de agua potable para el riego de jardines en un 75 por ciento de los niveles establecidos.	A	Reducir el consumo de agua potable, agua de superficie natural (por ejemplo, lagos, ríos), y los retiros de agua subterránea para el riego después de la fase de establecimiento de la planta en un 75 por ciento.	3	0	3
	B	Reducir el consumo de agua potable, agua de superficie natural (por ejemplo, lagos, ríos), y los retiros de agua subterránea para el riego después de la fase de establecimiento de la planta en un 50 por ciento.	2		
	C	Reducir el consumo de agua potable, agua de superficie natural (por ejemplo, lagos, ríos), y los retiros de agua subterránea para el riego después de la fase de establecimiento de la planta en un 25 por ciento.	1		
	D	Utilizacion de Agua potable para el riego de Jardines	0		
Utilizacion de Agua de lluvia para abastecer servicios mecanicos, de mantenimiento y recreacion	A	Utilizacion de en un 100% el Agua de lluvia para Abastecer sistemas mecanicos ( Servicios sanitarios, duchas, agua para mantenimiento y piscina)	3	0	2
	B	Utilizacion de en un 80% el Agua de lluvia para Abastecer sistemas mecanicos ( Servicios sanitarios, duchas, agua para mantenimiento y piscina)	2		
	C	Utilizacion Mixta, un 50% de Agua de lluvia para abastecer sistemas mecanicos y una utilizacion de 50% de Agua Potable	1		
	D	Utilizacion de Agua potable para abastecer sistemas mecanicos ( Servicios sanitarios, duchas, agua para mantenimiento y piscina)	0		
Diseñar y Mantener las características del Agua y de los ecosistemas naturales, plantas y organismos para las condiciones locales	A	Mantener las características del agua, para conservación del agua y otros recursos, incorporacion de plantas nativas de la ecorregion dentro de las 200 millas del lugar	3	2	2
	B	Mantener las características del agua, incorporacion de plantas no invasivas y adecuadas para las condiciones del sitio, cultivadas unicamente en viveros, de recoleccion legal o recuperados para su reutilizacion dentro o fuera del sitio	2		
	C	Reduccion al impacto de las características del agua en un 50% , incorporacion de plantas no invasivas y adecuadas para las condiciones del sitio	1		
	D	Impacta negativamente las caracterías del agua, no se realiza incorporacion de plantas, ni se demarcan areas de amortiguamiento y proteccion de rios y quebr	0		
Proteger y manejar los recursos de agua en el lugar ( Control de descarga de aguas residuales)	A	Un total de 95% del volumen medio anual de escurrimiento descarga desde la parte desarrollada del sitio recibe tratamiento para los contaminantes de interes	3	0	0
	B	Un total de 90% del volumen medio anual de escurrimiento descarga desde la parte desarrollada del sitio recibe tratamiento para los contaminantes de interes	2		
	C	Un total de 80% del volumen medio anual de escurrimiento descarga desde la parte desarrollada del sitio recibe tratamiento para los contaminantes de interes	1		
	D	El volumen medio anual de escurrimiento descarga desde la parte desarrollada del sitio NO recibe tratamiento para los contaminantes de interes	0		
Diseño y utilizacion de agua de lluvia/ agua de lluvia características para proporcionar una amenidad del paisaje	A	100% del agua de lluvia en el sitio se aplicara en instalaciones y son visibles y accesibles desde las partes altas del sitio. Contacto total del usuario eje:piscinas	3	0	3
	B	Al menos el 75% del agua de lluvia de este sitio se aplicara en instalaciones y son visibles desde las partes altas del sitio.Ademas el usuario poseen un acceso parcial al contacto.	2		
	C	Al menos el 50% del agua de lluvia de este sitio se aplicara en instalaciones y son visibles desde las partes altas del sitio.	1		
	D	El agua de lluvia de este sitio no se aplicara en instalaciones	0		
Usar plantas apropiadas no invasivas	A	se utiliza un 90% de plantas cultivadas en viveros, de tala legal o recuperados	3	1	2
	B	se utiliza un 75% de plantas cultivadas en viveros, de tala legal o recuperados	2		
	C	se utiliza un 50% de plantas cultivadas en viveros, de tala legal o recuperados	1		
	D	no se utilizan plantas cultivadas en viveros, de tala legal o recuperados	0		



Utilización de plantas nativas en el proyecto, así como la evaluación inicial del sitio	A	se contempla el uso de plantas nativas en un 100%, se tiene además un registro de las plantas a utilizar y se tienen medidas para conservación de plantas encontradas en sitio (nativas)	3	0	2
	B	se contempla el uso de plantas nativas en un 100%	2		
	C	se contempla el uso de plantas nativas en un 50%	1		
	D	no se contempla el uso de plantas nativas en sitio	0		
Utilización de plantas para el control térmico en el edificio.	A	No se utilizan plantas o vegetación para el control climático	0	1	2
	B	Se utilizan elementos para el control climático en algún sector del edificio a nivel de ransate o en espacios abiertos	1		
	C	Se utilizan elementos para el control climático en la totalidad de los edificios y en espacios abiertos	2		
	D	Se utilizan elementos para el control climático en la totalidad de los edificios, en espacios abiertos y se comprueba su eficacia en ahorros energéticos en los edificios.	3		
Utilización Estratégica de control de incidencia solar alrededor del Edificio para Reducir el consumo y costos Asociados con el	A	Utiliza la vegetación o estructuras tipo parasol para dar sombra a un 50% de la superficie de la fachada Oeste, Sur y Este, y 30% de la cubierta del techo	3	0	3
	B	Utiliza la vegetación o estructuras tipo parasol para dar sombra a un 30% de la superficie de la fachada Oeste, Sur y Este	2		
	C	Utiliza la vegetación o estructuras tipo parasol para dar sombra a un 10% de la superficie de la fachada Oeste, Sur y Este	1		
	D	No Utilizan vegetación o estructuras con vegetación como protección solar	0		
Reducir la isla de calor en la ciudad	A	Se toman medidas para reducir este efecto como la utilización de paneles fotovoltaicos para captar energía y proveer sobre al edificio, se utilizan cubiertas con vegetación o superficies con índices de reflectancia solar (SRI) de al menos 29	3	2	3
	B	Se utilizan cubiertas con vegetación o superficies con índices de reflectancia solar (SRI) de al menos 29	2		
	C	Solo considera el uso de recubrimientos y colorantes integrales en superficies para conseguir colores claros	1		
	D	NO se toma ninguna medida	0		
Apoyar prácticas sostenibles mediante compra de materiales a proveedores con prácticas que aumenten eficiencia energética, reduzcan consumo de recursos, generación de residuos y reduzcan afectación al medio ambiente y personas. Los proveedores deben cumplir con aplicar la norma ISO 14001 y registrar todos los componentes y residuos generados en la fabricación; además de cumplir con dos de los siguientes puntos: 1. Que los materiales no contengan productos que afecten la salud humana. 2. Que el proceso de fabricación por unidad, consume 25% menor de	A	los materiales adquiridos y sus procesos, no cumplen con ninguna práctica sostenible	0	1	2
	B	el 25% de los productores y sus materiales apoyan las prácticas sostenibles mencionadas	1		
	C	el 50% de los productores y sus materiales apoyan las prácticas sostenibles mencionadas	2		
	D	el 75% de los productores y sus materiales apoyan las prácticas sostenibles mencionadas	3		
Seguridad Iluminación( alumbrado) y vigilancia	A	Todas las áreas cumplen con dicha disposición	3	3	3
	B	75% de las áreas cumplen con dicha disposición	2		
	C	50% de las áreas cumplen con dicha disposición	1		
	D	20% de las áreas cumplen con dicha disposición	0		
Seguridad en las líneas de visión Entradas y pasarelas estan abiertas y claramente visibles para los usuarios	A	Todas las áreas cumplen con dicha disposición	3	3	3
	B	75% de las áreas cumplen con dicha disposición	2		
	C	50% de las áreas cumplen con dicha disposición	1		
	D	20% de las áreas cumplen con dicha disposición	0		
Seguridad: control de acceso y sistemas de vigilancia electrónicos ( sistema de intrusión, cámaras de seguridad), verjas	A	Cuenta con al menos 3 sistemas de seguridad.	3	2	3
	B	Cuenta con al menos 2 sistemas de seguridad.	2		
	C	Cuenta con al menos 1 sistema de seguridad.	1		
	D	Solo cuenta con verjas y portones.	0		
Reducción Contaminación lumínica reducción del resplandor de las nubes, aumentando la visibilidad nocturna y minimizar el efecto negativo sobre los ambientes nocturnos, salud humana y el funcionamiento.	A	90% de eliminación de contaminación lumínica	3	3	3
	B	75% de eliminación de contaminación lumínica	2		
	C	50% de eliminación de contaminación lumínica	1		
	D	30% de eliminación de contaminación lumínica	0		
Contolar y retener los contaminantes de la construcción	A	se previene la pérdida del suelo a causa de la erosión, sedimentación y contaminantes	3	3	3
	B	se previene la pérdida del suelo a causa de la erosión y sedimentación	2		
	C	se previene la pérdida del suelo a causa de la erosión	1		
	D	no se previene la pérdida del suelo a causa de la erosión y sedimentación	0		
* Restaurar suelos alterados durante la construcción	A	se cumplen los 5 criterios y se controla al mínimo la alteración del suelo	3	1	2
	B	se cumplen 4 criterios para la restauración de suelos	2		
	C	se cumplen 3 criterios para la restauración de suelos	1		
	D	no se cumplen los criterios de restauración de suelos	0		
Proveer Recoleccion y Almacenamiento de Reciclajes	A	Se Provee un espacio seguro para la recolección de materiales reciclajes, con un plan de capacitación y en contacto con un centro de reciclaje a una distancia de 10km	3	1	1
	B	Se Provee un espacio seguro para la recolección de materiales reciclajes, con un plan de capacitación	2		
	C	Se provee un espacio para las personas interesadas en reciclar	1		
	D	NO se provee espacios para realizar reciclaje de materiales	0		

## 9.2 Sostenibilidad Socio-Cultural

El evaluar el edificio con la herramienta multicriterio, tenemos que desde el punto de vista socio-cultural el edificio tiene una **nota de 79%**, esta información se desglosa en las siguientes tablas:

Tabla 53.Tabla resumen valoración Socio – Cultural del proyecto original

RESUMEN	
Total de Variables	19
Puntaje Total	57
Puntaje Obtenido	45
Valor Porcentual	79%

Tabla 54.Valoración Sostenibilidad Socio – Cultural del proyecto original

MODELO DE EVALUACION					
SOSTENIBILIDAD SOCIO-CULTURAL					
VARIABLES		ESTADOS	VALOR	PUNTAJE INICIAL	PUNTAJE FINAL
Disponibilidad de Obra Local en el proceso Constructivo	global	a. Disponibilidad de para reclutar a un 70% o mas	3	3	3
		b. Disponibilidad de para reclutar a un 50% o mas	2		
		c. Disponibilidad de para reclutar a un 30% o mas	1		
		d. Inexistencia de mano de obra local, toda la mano de obra se debe llevar al sitio proveniente de otros lugares	0		
Aporte Socio economico a las Poblaciones Aledañas	global	a. Aporta una mejora a nivel socio economico a la poblacion al generar entre 20 a 30 vacantes de empleo	3	2	2
		b. Aporta una mejora a nivel socio economico a la poblacion al generar entre 10 a 20 vacantes de empleo	2		
		c. Aporta pocas fuentes de empleo, menor a 10 vacantes	1		
		d. No aporta fuentes de empleo	0		
Acceso al Proyecto por parte de la Poblacion Aledaña	global	a. Acceso al 100% de la poblacion	3	3	3
		b. Acceso al 75% de la poblacion	2		
		c. Acceso al 50% de la poblacion	1		
		d. Acceso al 25% de la poblacion	0		
Identidad de Lugar ( Proyecto como punto de Referencia)	global	a. El edificio posee la jerarquia y relevancia para funcionar como punto de referencia y ubicación dentro del contexto de la ciudad	3	3	3
		b. El edificio posee relevancia con respecto a los edificios circundantes, funcionamiento medio como punto de referencia	2		
		c. El edificio se posee igual nivel de construccion que los edificios circundantes, no funciona como punto de referencia	1		
		d. El edificio pasa desapercibido sin aportar relevancia, ni funcion como punto de referencia	0		
Composicion, Plasticidad y Estructural	global	a. Excelente coherencia espacial- funcional-estructura, aporta belleza escenica al contexto ciudad	3	3	3
		b. Buena coherencia espacial - funcional- estructura, aportacion media de belleza escenica al contexto ciudad	2		
		c. Regular coherencia espacial - funcional- estructura, aportacion baja de belleza escenica al contexto ciudad	1		
		d. Poca coherencia espacial- funcional-estructural, no aporta belleza escenica al contexto ciudad	0		
Funcionamiento y Zonificacion	global	a. Excelente Tipologia de uso asignado de acuerdo a los flujos de actividad ( Coherencia e integracion con el contexto)	3	3	3
		b. Tipologia de uso responde de acuerdo a los flujos de actividades de la zona, pero no se integra con el contexto	2		
		c. Tipologia de uso responde medianamente a los flujos de actividades de la zona, pero no se integra con el contexto	1		
		d. No hay coherencia entre el uso asignado de acuerdo a los flujos de actividad ( No hay coherencia ni integracion con el contexto)	0		
Interrelacion Edificio - Contexto	global	a. Excelente coherencia e integracion entre Edificio, parqueo y espacio publico	3	3	3
		b. Buena coherencia e integracion entre Edificio y parqueo y espacio publico	2		
		c. Buena Integracion entre Edificio y parqueo sin relacion con espacio publico	1		
		d. NO hay relacion e integracion entre el Edificio, el parqueo y el espacio publico	0		
Intervención de los usuarios y las demás partes interesadas en el diseño para identificar sus necesidades		A Se toman en cuenta a todos los usuarios directos e indirectos	3	2	2
		B Se toman en cuenta sólo a los usuarios directos	2		
		C Se toman en cuenta sólo a los usuarios indirectos	1		
		D No se toman en cuenta a los usuarios e interesados en el diseño	0		
Ubicación del proyecto		A El proyecto se encuentra rodeado en un 75% o mas por zonas urbanizadas.	3	3	3
		B El proyecto se encuentra rodeado en 50% o menos por zonas urbanas.	2		
		C El terreno se ubica a 2km caminables o menos, de al menos 7 servicio básicos.	1		
		D El terreno se ubica a 5km caminables o más, de un centro de población con servicios básicos.	0		

Lineamientos para selección de sitio para desarrollos urbanos.		A	Para el proyecto se utiliza un terreno previamente desarrollado y se aprovechan sus estructuras.	3	1	1
		B	Se utiliza un terreno baldío donde previamente existió una estructura que fue demolida.	2		
		C	El proyecto de emplazara en un terreno no intervenido dentro de una zona con desarrollo urbano.	1		
		D	El proyecto se desarrollara en un terreno que nunca ha sido intervenido.	0		
Transporte público		A	Localizar el proyecto a 500m o menos del transporte público, accesible mediante aceras y ciclo vías.	3	3	3
		B	El proyecto se encuentra entre 500m y 1.5km de acceso a transporte público.	2		
		C	El proyecto se encuentra a 1.5km o más del acceso a transporte público.	1		
		D	El proyecto no cuenta con acceso peatonal y esta lejos del acceso a transporte público.	0		
Intervención de los usuarios y las demás partes interesadas en el diseño para identificar sus necesidades		A	Se toman en cuenta a todos los involucrados en el proyecto para realizar el diseño, consultores, inversionistas y mercado meta	3	3	3
		B	Se toman en cuenta a todos los involucrados en el proyecto para realizar el diseño, consultores y inversionistas	2		
		C	Se toma solo en cuenta para el diseño la recomendación de los consultores	1		
		D	No se toman en cuenta ninguna de las partes, proyecto se desarrolla sin planificación	0		
El proyecto brinda beneficios sociales y económicos a la comunidad durante la construcción del sitio		A	Desarrollar un acuerdo de beneficios a la comunidad durante la construcción del proyecto, incentivos de mano de obra local, con un porcentaje mínimo del 75% con un salario digno y participación directa de la comunidad	3	2	2
		B	Compromiso de dar un salario digno al 75% de los empleados durante la construcción	2		
		C	Dar oportunidades de empleo a personas de bajos ingresos en la comunidad local (destinar 25% o más del presupuesto de mano de obra de la construcción)	1		
		D	No se da ningún compromiso	0		
Asegurar que el proyecto provea beneficios económicos y sociales a la comunidad local en funcionamiento		A	Desarrollar un acuerdo que demarque los lineamientos de como el proyecto será moldeado para proveer una gama de beneficios a la comunidad en cuanto al uso del sitio	3	0	0
		B	Proveer instalaciones en el sitio o amenidades que se hayan identificado como una necesidad de la comunidad (ej: instalaciones recreacionales, cuidado de salud, mercado de agricultores, jardines, sanitarios públicos)	2		
		C	Brindar al menos dos eventos anuales en los primeros dos años de operación del proyecto que se hayan identificado como una necesidad de la comunidad o una amenidad deseada durante las reuniones de la comunidad (ej: actuaciones musicales, de teatro, espectáculos, caminatas, etc)	1		
		D	No se proveen beneficios económicos y sociales a la comunidad durante su funcionamiento	0		
Edificio Accesible para todos	global	a.	Se cumple la ley 7600 en todo el edificio y obras externas	3	3	3
		b.	Se cumple la ley 7600, solo en el edificio y no en las obras externas	2		
		c.	Se cumple la ley 7600, para algunas zonas del edificio	1		
		d.	No hay cumplimiento de la ley 7600	0		
Se crean instalaciones de recreación, soporte y de ayuda a la comunidad		A	Se crean instalaciones de recreación, soporte y servicios para generar beneficios sociales y económicos involucrando y la comunidad de una manera activa después de finalizada la construcción	3	0	0
		B	Se crean instalaciones de recreación, soporte y servicios para generar beneficios sociales y económicos a la comunidad de forma indirecta después de finalizada la construcción	2		
		C	Se crean instalaciones de recreación para beneficio de la comunidad	1		
		D	El proyecto no cuenta con obras de infraestructura que den apoyo socioeconómico a la comunidad después de haber finalizado la etapa constructiva	0		
Sitios para realizar actividad física al aire libre, senderos, ciclovías, parques infantiles, parque de patinetas, piscina, campo de tenis, fútbol, baloncesto, etc.		A	Cuenta con 3 o más áreas para realizar actividad física al aire libre	3	3	3
		B	Cuenta con 2 áreas para realizar actividad física al aire libre	2		
		C	Cuenta con 1 área para realizar actividad física al aire libre	1		
		D	No cuenta con áreas para deporte al aire libre	0		
Apoyo o facilidades para las diferentes actividades físicas tales como servicios sanitarios, duchas, bebederos (mínimo 3 unidades), sitios para reparación de bicicletas, ranchos, etc.		A	Cuenta con 3 o más sitios de apoyo	3	3	3
		B	Cuenta con 2 sitios de apoyo	2		
		C	Cuenta con 1 sitio de apoyo	1		
		D	No cuenta con sitios de apoyo o facilidades para las actividades	0		
Se crean espacios al aire libre para la interacción social		A	Se crean espacios al aire libre de varios tamaños y orientado a recibir grupos en donde se cuente con vegetación y con ambientes tranquilos para la restauración mental y la interacción social	3	2	3
		B	Se crean espacios al aire libre para la interacción social, se proporcionan espacios con vegetación, con ambientes tranquilos para la restauración mental	2		
		C	Se cuenta con espacios para la interacción social, como sala de reuniones y salón de eventos	1		
		D	El proyecto no cuenta con espacios enfocados a la interacción social de sus condóminos	0		

### 9.3 Sostenibilidad Económico - Financiera

El evaluar el edificio con la herramienta multicriterio, tenemos que desde el punto de vista económico-financiero el edificio tiene una **nota de 88%**, esta información se desglosa en las siguientes tablas:

Tabla 55. Tabla resumen valoración Económico – Financiera del proyecto original

RESUMEN	
Total de Variables	16
Puntaje Total	48
Puntaje Obtenido	42
Valor Porcentual	88%

III Sostenibilidad Económica - Financiera					
Variable		Estado	Valor	puntaje obtenido	puntaje obtenido
Rentabilidad del Espacio construido	GLOBAL	a. Construccion enfocado a clase alta ( costo promedio apartamento \$ 250.000 )	3	2	2
		b. Construccion enfocado a clase media alta ( costo promedio apartamento \$ 150.000 )	2		
		c. Construccion enfocado a clase media ( costo promedio apartamento \$ 80.000 )	1		
		d. Construccion enfocado a clase media baja ( costo promedio apartamento \$ 40.000 )	0		
Accesibilidad al proyecto	GLOBAL	a. Excelente accesibilidad vehicular y peatonal, vias alfaltadas y aceras en buen estado	3	3	3
		b. Buena accesibilidad vehicular y peatonal, vias asfaltas pero aceras en regular estado	2		
		c. Accesibilidad solo vehicular, no hay existencia de aceras	1		
		d. No hay accesibilidad ni vehicular, ni peatonal	0		
Acceso a Servicios	GLOBAL	a. Acceso a servicio de agua,luz, red de alcantarillado, telefonía, transporte publico e internet	3	3	3
		b. Acceso a servicio de agua,luz, red de alcantarillado, telefonía, transporte publico	2		
		c. Acceso a servicio de agua,luz, red de alcantarillado	1		
		d. Sin acceso a servicios basicos	0		
Espacio para Estacionamiento	GLOBAL	a. Se cuenta con espacio privado de 2 vehiculos por apartamento + parqueos para visitantes	3	3	3
		b. Se cuenta con espacio privado de 1 vehiculo por apartamento + parqueos para visitantes	2		
		c. Se cuenta con espacio privado de 1 vehiculo por apartamento	1		
		d. Proyecto no posee parqueos	0		
Costos de construcción, sin equipamiento	GLOBAL	a. \$1000 o menos	3	2	2
		b. Entre \$1000 y \$ 1200	2		
		c. Entre \$1200 a \$ 1500	1		
		d. Mayor a \$ 1500	0		
Constructibilidad	GLOBAL	a. Estricta conceptualización y manejo de la técnica constructiva	3	3	3
		b. Buena conceptualización y aceptable manejo de técnica constructiva	2		
		c. Regular conceptualización y aceptable manejo de técnica constructiva	1		
		d. Mala conceptualización y mala manejo de técnica constructiva	0		
Plazos de ejecución	GLOBAL	a. menor a 8 meses	3	2	2
		b. de 8 a 12 meses	2		
		c. de 12 a 14 meses	1		
		d. mayor a 14 meses	0		
Costos de operación y mantenimiento	GLOBAL	a. Menos de 10000 col/m2/año	3	2	2
		b. De 25000 a 10000 col/m2/año	2		
		c. De 35000 a 25000 col/m2/año	1		
		d. Más de 35000 col/m2/año	0		
Duración estimada del Proyecto (prioriza la mayor vida útil del proyecto)	GLOBAL	a. superior a 50 años	3	3	3
		b. entre 40 y 50 años	2		
		c. entre 30 y 40 años	1		
		d. menos de 30 años	0		

Cercanía de proveedores de obra gris	GLOBAL	a.	Menos de 10 km	3	3	3
		b.	De 20 a 10 km	2		
		c.	De 30 a 20 km	1		
		d.	Más de 30 km	0		
Cercanía de proveedores de acabados	GLOBAL	a.	Menos de 10 km	3	3	3
		b.	De 30 a 40 km	2		
		c.	De 40 a 100 km	1		
		d.	Extranjero	0		
Acceso a Transporte Público	GLOBAL	a	Inmediato y muy seguro	3	3	3
		b	Cerca y seguro	2		
		c	Largo y regularmente seguro	1		
		d	no existe	0		
Instalaciones de Salud	GLOBAL	a	muy cerca (menos de 2 km)	3	3	3
		b	Cerca (entre 2 y 4 km)	2		
		c	Largo más de 4 km	1		
		d	no existe	0		
Proceso Constructivo	GLOBAL	a.	Baja complejidad y especialización técnica	3	1	1
		b.	Media complejidad y especialización técnica	2		
		c.	Alta complejidad y especialización técnica	1		
		d.	Muy alta complejidad y especialización técnica	0		
Acceso a comercio de primera necesidad	GLOBAL	a	muy cerca (menos de 2 km)	3	3	3
		b	Cerca (entre 2 y 4 km)	2		
		c	Largo más de 4 km	1		
		d	no existe	0		
C.A.S.	GLOBAL	a	coeficiente aprovechamiento del suelo -1	0	3	3
		b	coeficiente aprovechamiento del suelo de 1 a 2	1		
		c	coeficiente aprovechamiento del suelo de 2-4	2		
		d	coeficiente aprovechamiento del suelo +4	3		

## 9.4 Resultado Multicriterio sobre la situación actual

Tabla 56. Resultado final del multicriterio sobre la situación actual del edificio. Fuente: Elaboración propia

SOSTENIBILIDAD	PESO RELATIVO	PUNTAJE MAXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	NOTA	NOTA RELATIVA
FISICO-AMBIENTAL	22,7%	126	68	54%	0,12
SOCIO-CULTURAL	36,4%	57	45	79%	0,29
ECONOMICO-FINANCIERA	40,9%	48	42	88%	0,36

GRADO DE SOSTENIBILIDAD:

NOTA FINAL 77%

Tabla 57. Tabla de posibilidad de éxito del multicriterio sobre la situación actual del edificio. Fuente: Elaboración propia

Rango de 1% a 60%, <b>sin</b> posibilidades de éxito
Rango de 61% a 70%, <b>pocas</b> posibilidades de éxito
Rango de 71% a 80%, <b>regulares</b> posibilidades de éxito
Rango de 81% a 90%, <b>buenas</b> posibilidades de éxito
Rango de 91% a 100%, <b>excelentes</b> posibilidades de éxito

Después de haber aplicado la herramienta multicriterio para valorar el proyecto desde un punto de vista de sostenibilidad, se concluye que, bajo la situación actual del proyecto, este posee regulares posibilidades de éxito al obtener una nota de **77%**, **sin embargo queda claro que el proyecto desde el punto de vista económico-financiero es un proyecto totalmente rentable y exitoso**

9.5 Evaluación del edificio existente mediante el software EDGE

Adicionalmente, para la evaluación del proyecto específicamente desde el punto de vista físico ambiental, se utilizó el software EDGE, en donde se llena un formulario en línea con la información física del proyecto, como lo son: la ubicación, metros cuadrados de construcción, uso del proyecto, dimensiones y proporciones de fachadas con respecto a la aberturas y aspectos generales de eficiencia del uso de la energía, del consumo de agua, selección de materiales y tipología constructiva.

Una vez completado el formulario en línea, se despliegan unos gráficos sobre la eficiencia energética, ahorro de agua y eficiencia de los materiales, en donde el programa de acuerdo a sus parámetros, realiza una comparación entre un edificio estándar ordinario diseñado sin criterios de sostenibilidad, y el proyecto del cual hemos ingresado los datos.

Tabla 58. Resumen Evaluación Software al edificio existente. Fuente: Elaboración propia utilizando la EDGE

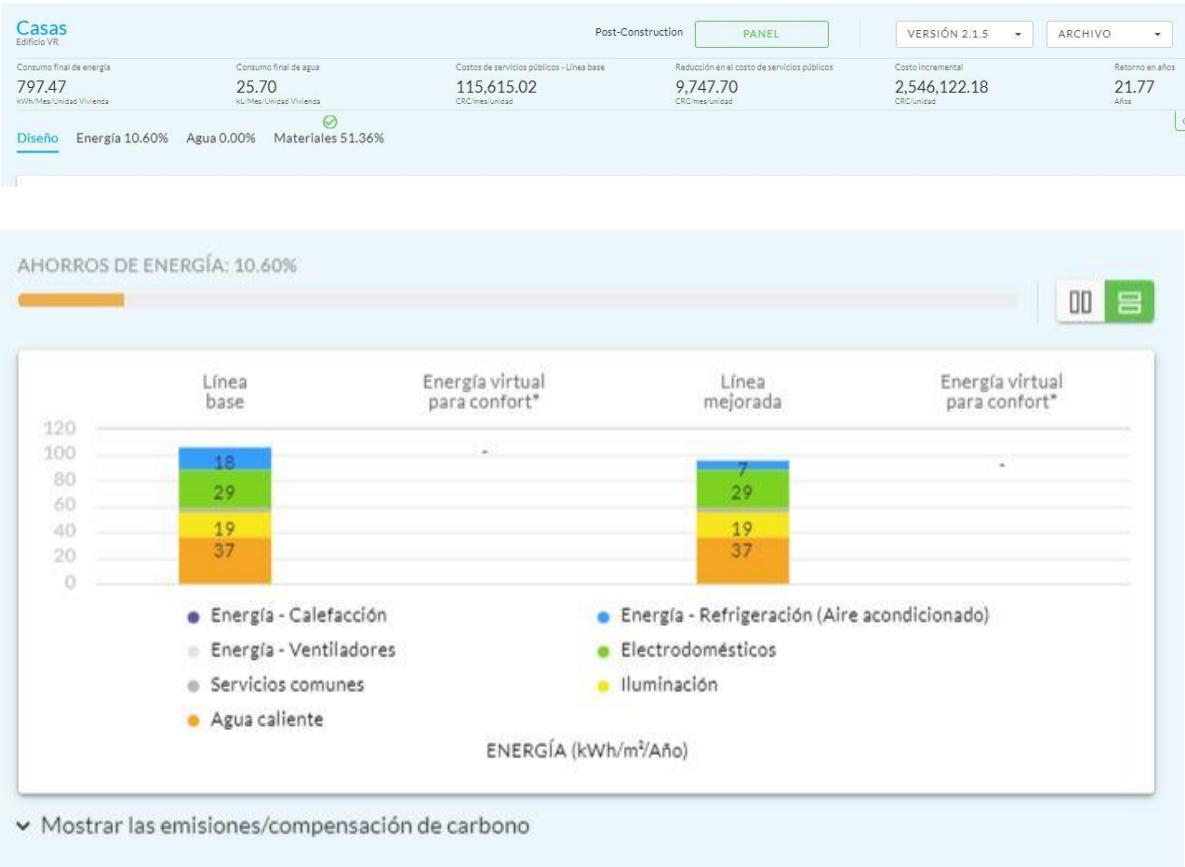


Figura 59. Ahorro de energía, según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia

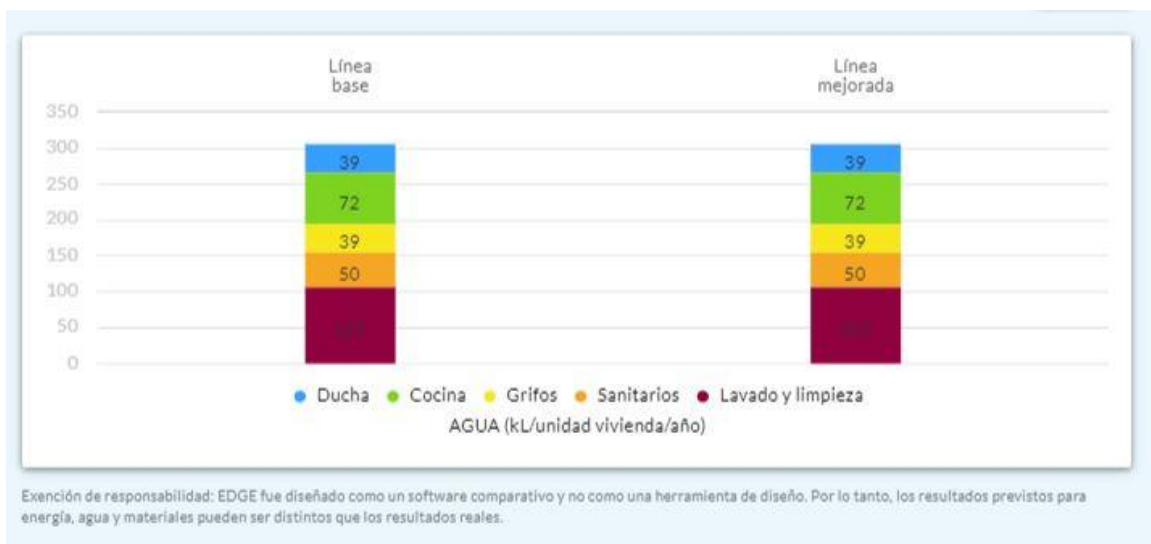


Figura 60. Ahorro de consumo de agua, según parámetros de EDGE. Fuente: Elaboración propia

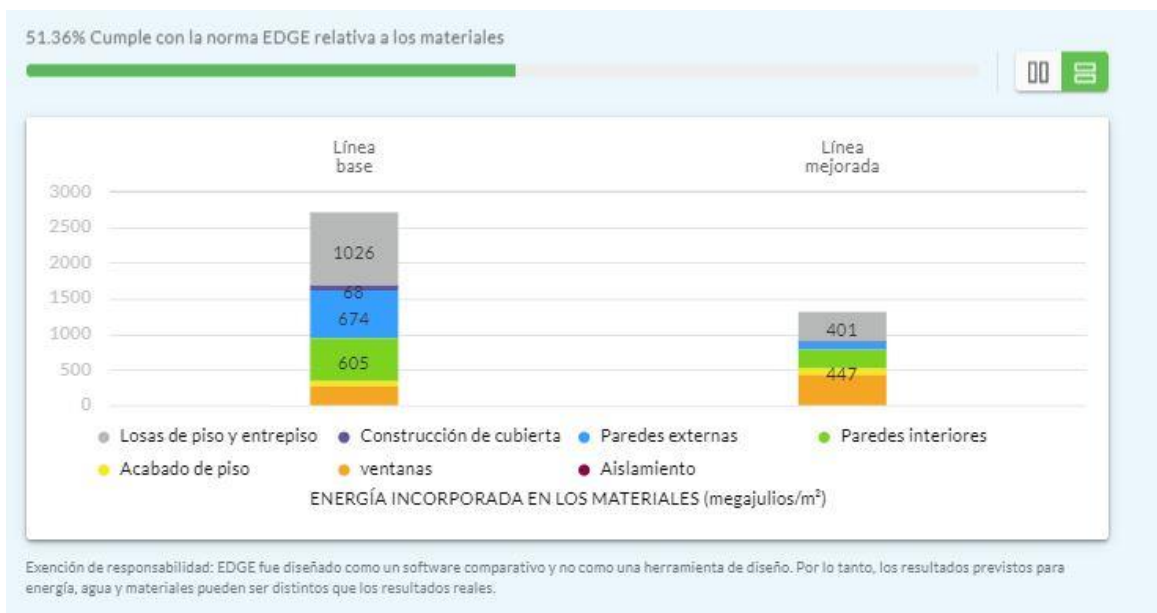


Figura 61. Ahorro de energía incorporada a los materiales según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los parámetros delimitados por la herramienta EDGE, el proyecto **NO** cumple con los ahorros necesarios en el capítulo de energía y consumo de agua, sin embargo, desde el punto de vista de la selección de materiales, el proyecto cuenta con un **51.36% de ahorro de energía incorporada en los materiales seleccionados**, por lo que si estaría cumpliendo la Norma EDGE, en esta apartado.



## **FASE III. CONFIGURACION Y DISEÑO**

### **10 Pautas de diseño a implementar en el diseño actual**

Después de analizar los aspectos positivos y negativos del proyecto existente, se proponen mejoras a implementar, para fortalecer aquellos aspectos que de acuerdo a la valoración realizada con la herramienta multicriterio, muestran debilidades dentro del proyecto, y poder así lograr que desde un punto de vista de sostenibilidad, que el proyecto alcance a estar en el rango de buenas posibilidades de éxito. Las pautas de diseño a implementar son:

- Utilización de estrategias pasivas, con un diseño bioclimático que disminuya la necesidad de sistemas mecánicos de climatización (referencia multicriterio nº 1)
- Control térmico, utilización de barreras para reducir el consumo de costos asociados al clima interior y promover la utilización de estrategias pasivas. (Referencia en tabla multicriterio nº 02)
- Proyectar una estructura desmontable, prefabricada y estandarizada que sea de fácil instalación
- Utilización de paneles fotovoltaicos para captar energía, proveer sombra sobre el edificio y reducir el consumo de energía eléctrica. (Crédito 4.12 " The Sustainable site initiative", referencia en tabla multicriterio nº 35)
- Utilización de agua de lluvia para abastecer sistemas mecánicos, de mantenimiento, riego de jardines y consumo humano (crédito 3.2 " The Sustainable site initiative", referencia en tabla multicriterio nº 27)
- Huella de carbono (utilización de materiales que disminuyan la emisión de CO2) guía de construcción sostenible, referencia en tabla multicriterio nº 19
- Creación de nuevos espacios para la interacción social (crédito 6.8 " The Sustainable site initiative", referencia en tabla multicriterio nº 21)

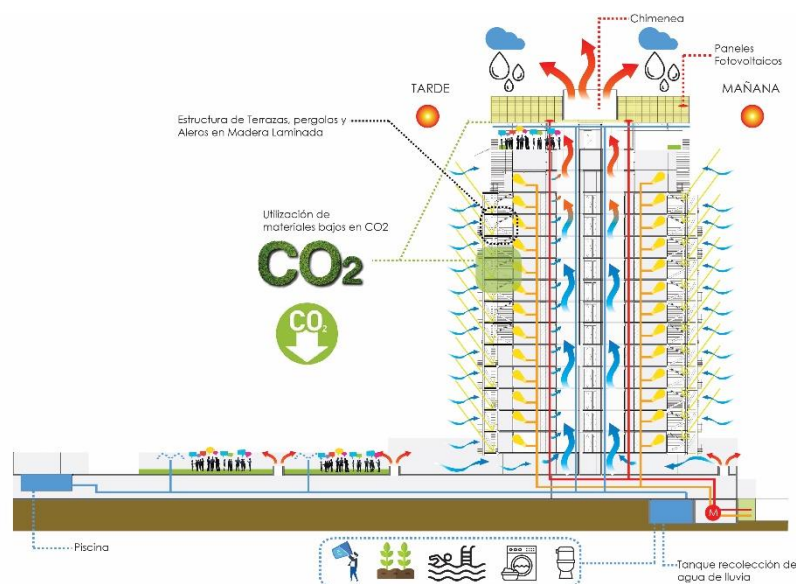


Ilustración 90. Diagrama ilustrativo pautas de diseño a implementar. Fuente: Elaboración propia

### 10.1 La propuesta de intervención

Dentro de la propuesta de intervención, basados en las pautas de diseño que se quieren implementar en el edificio, se propone habilitar en el centro del edificio un ducto que funcione como una chimenea natural de extracción de aire, permitiendo la existencia de una ventilación cruzada, que se tendría desde los apartamentos que se encuentran en el perímetro del edificio, hasta el ducto central del edificio, en donde se encuentran las circulaciones tanto horizontales como verticales. Por medio de dicho ducto también ingresaría luz natural, mitigando el uso de luz artificial para pasillo y escaleras, y logrando de forma indirecta iluminar los aposentos de los apartamentos que, según el estudio de luminosidad, cuentan con poca iluminación durante el día.

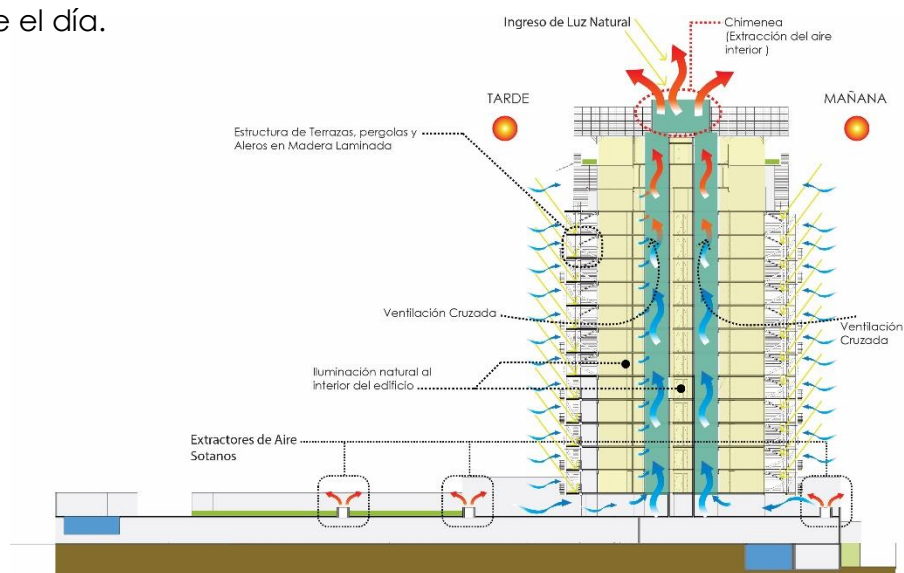


Ilustración 91. Diagrama 1 Propuesta de intervención

Para habilitar el ducto o chimenea central, se realiza un análisis de la estructura existente dentro del edificio en colaboración el Ingeniero Estructural Jorge Daniel Rodríguez Hernández, y se llega a la conclusión, que las paredes internas que sirven de cerramiento interno de los apartamentos sobre los ejes E y G son livianas y no tienen aporte estructural, por lo que se decide eliminarlas, respetando las paredes que van en dirección Este a Oeste que funcionan de soporte estructural como muros de corte.

Este comportamiento estructural se mantiene desde el nivel 0.00, hasta el nivel de Azotea, por lo que se pudo mantener un ducto continuo al realizar una abertura lineal de una misma dimensión en la losa existente de cada nivel.

Al habilitar el ducto, los apartamentos se vieron afectados en área interna, sin embargo, todos los apartamentos tenían la oportunidad de recuperar dicha área, si se habilitaba como área interna, las terrazas existentes del edificio.

Se tomó la decisión ampliar el apartamento tomando las terrazas existentes como áreas internas, y posteriormente se habilitaron unas terrazas tipo deck, las cuales fueron soportadas por una estructura en madera laminada, la cual va adosada en las fachadas del edificio, el apoyo de dicha estructura se apoya directamente sobre los muros de carga del edificio, el cálculo y detalle de dicha estructura se realizó en colaboración del Arq. Adolfo Mejía de la Empresa Maderotec y del Ingeniero Estructural Jorge Daniel Rodríguez Hernández.

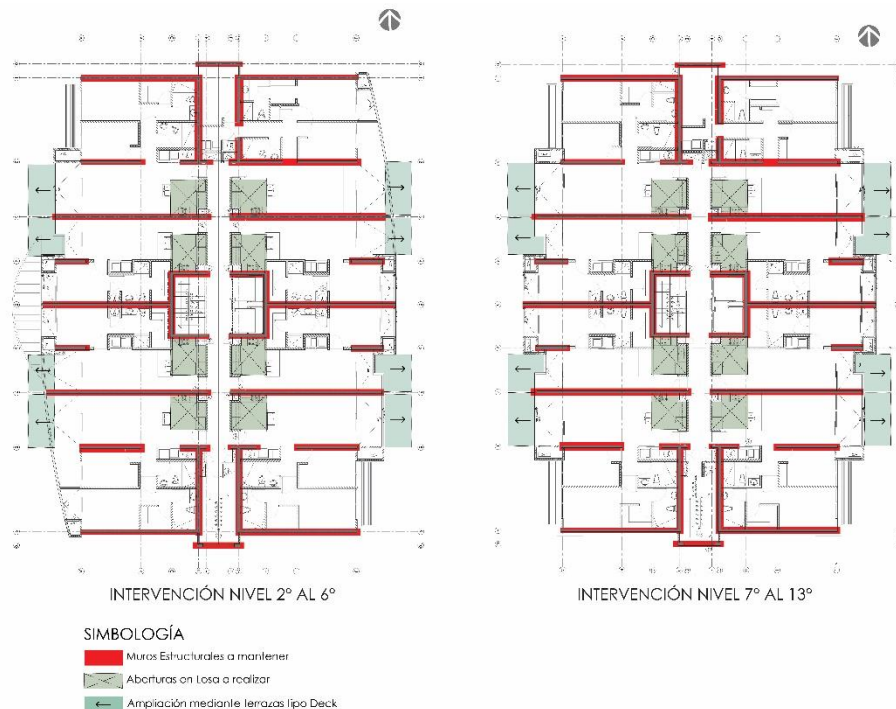


Ilustración 92. Propuesta de Intervención Niveles 2° al 6° y 7° al 13°. Fuente: Elaboración propia

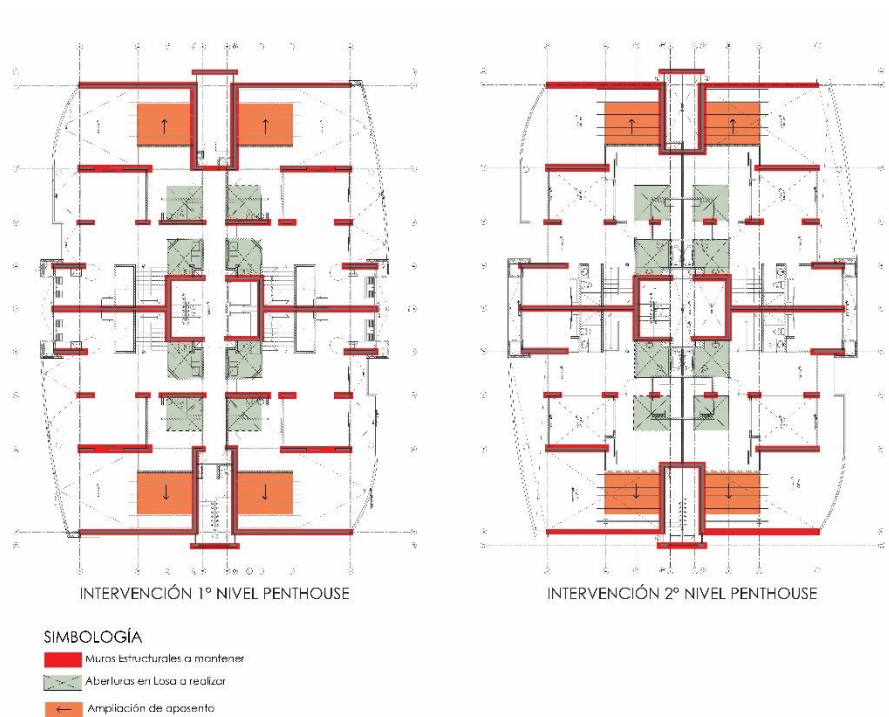


Ilustración 93. Propuesta de Intervención 1º y 2º Nivel de Penthouse. Fuente: Elaboración propia

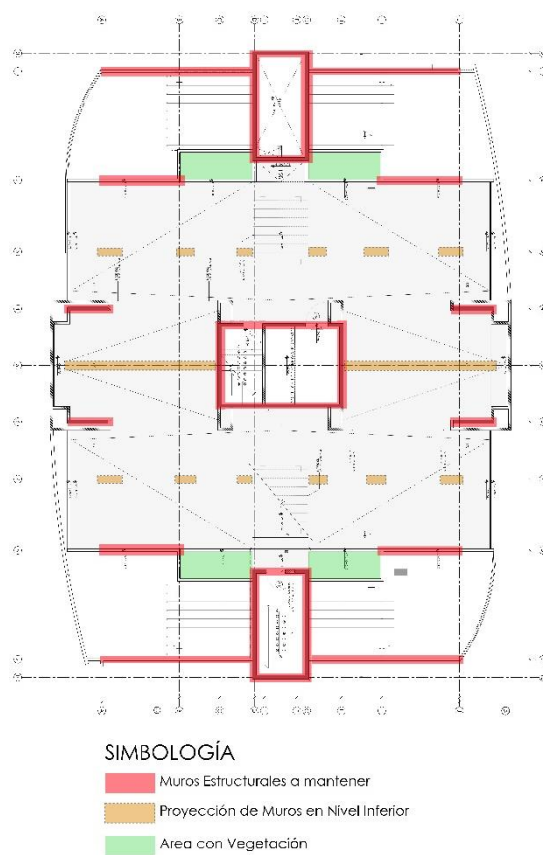


Ilustración 94. Situación actual de Azotea. Fuente: Elaboración propia

El detalle de como quedaron las plantas de distribución ya modificadas, se representan en la siguiente ilustración:

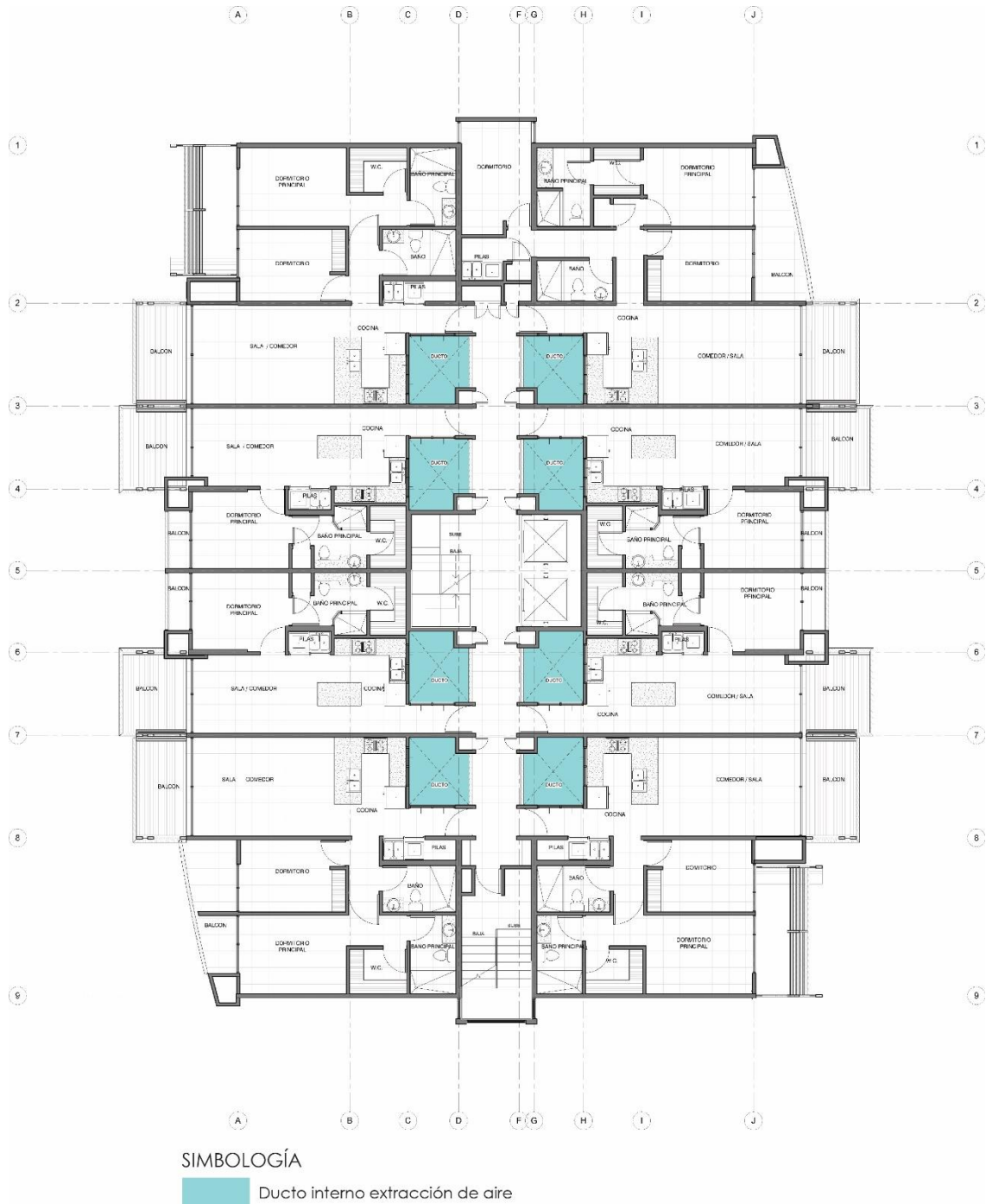
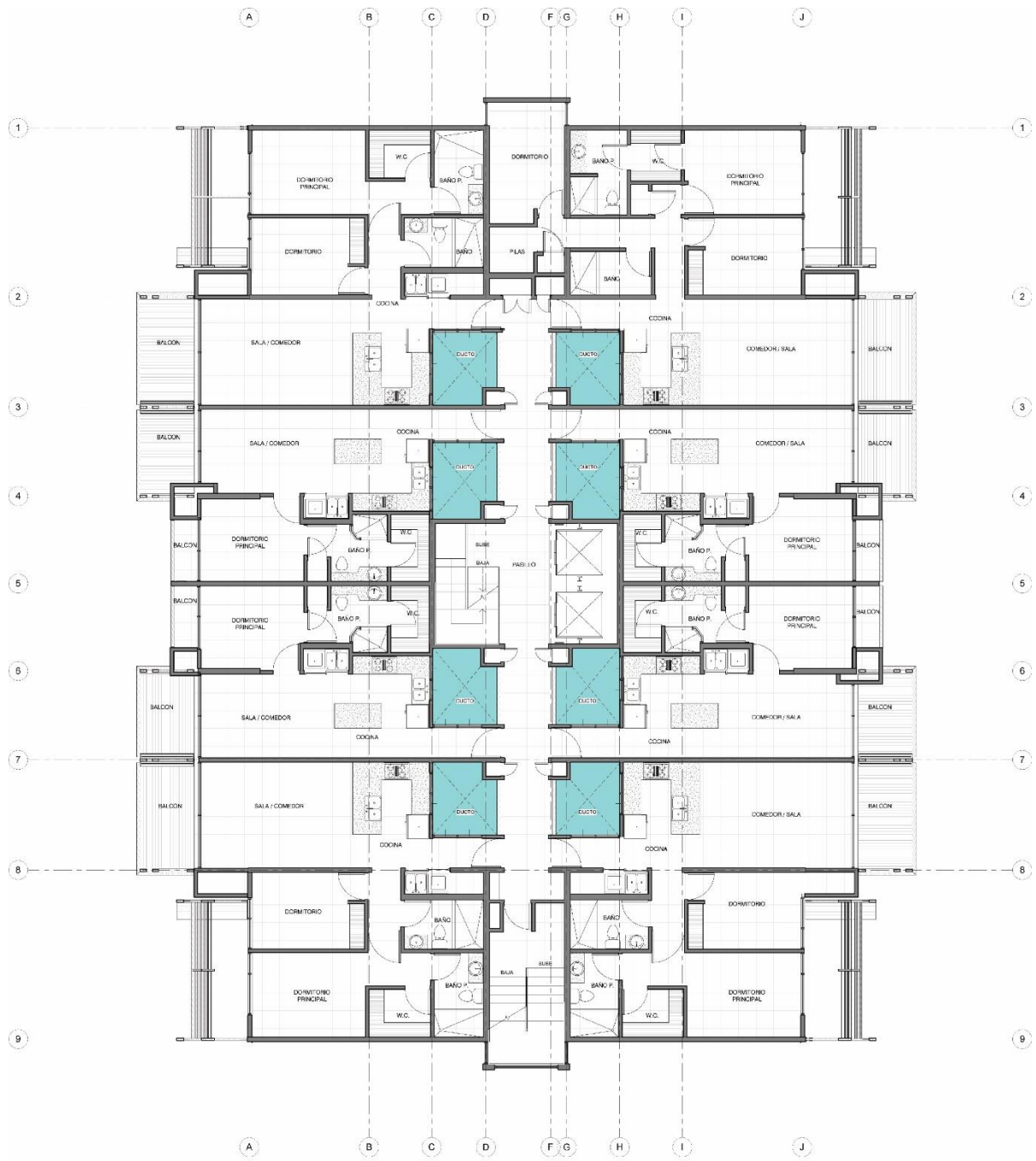


Ilustración 95. Rediseño de Planta Arquitectónica Nivel 2° al 6°. Fuente: Elaboración propia



## SIMBOLOGÍA

Ducto interno extracción de aire

Ilustración 96. Rediseño de Planta Arquitectónica Nivel 7° al 13°. Fuente: Elaboración propia



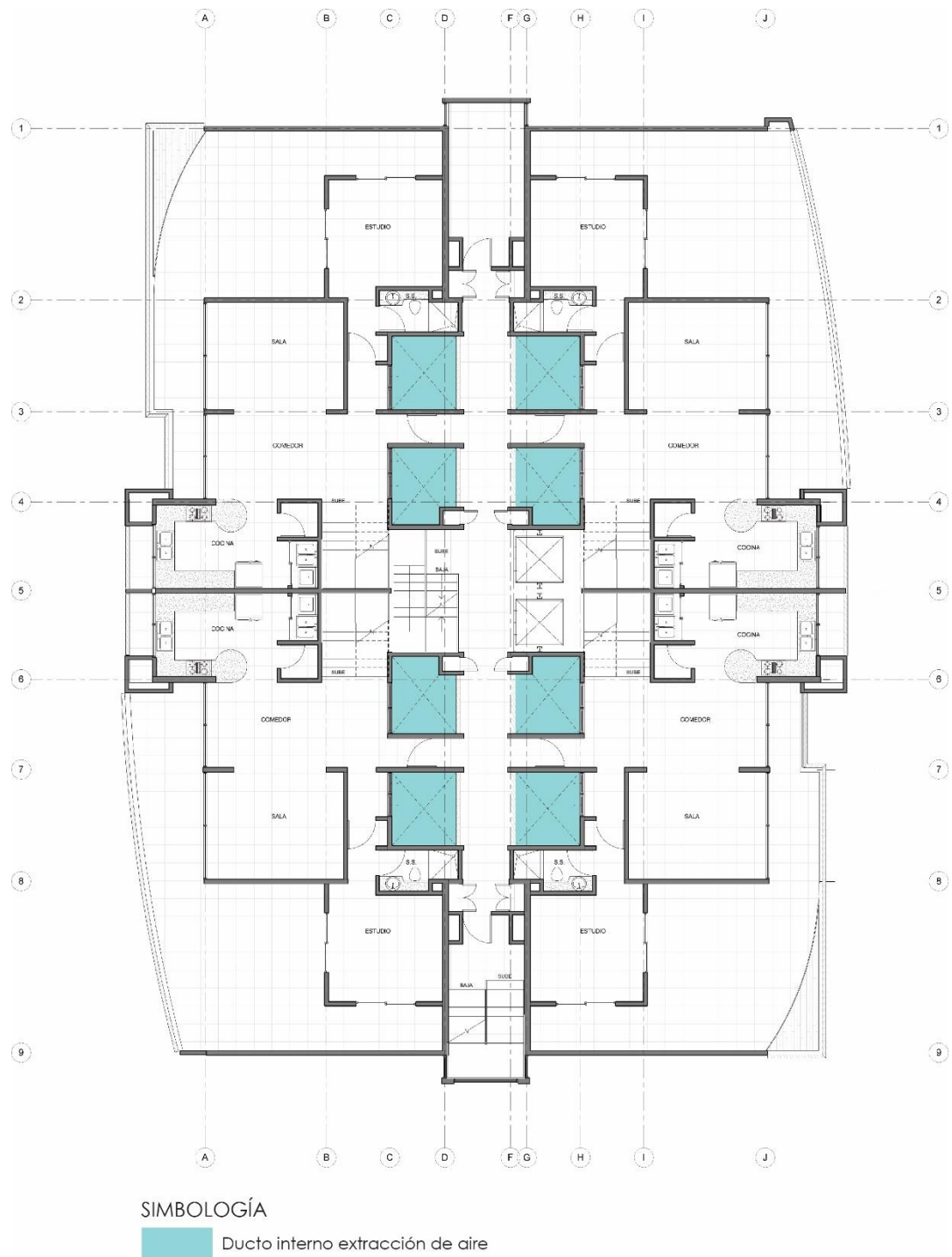
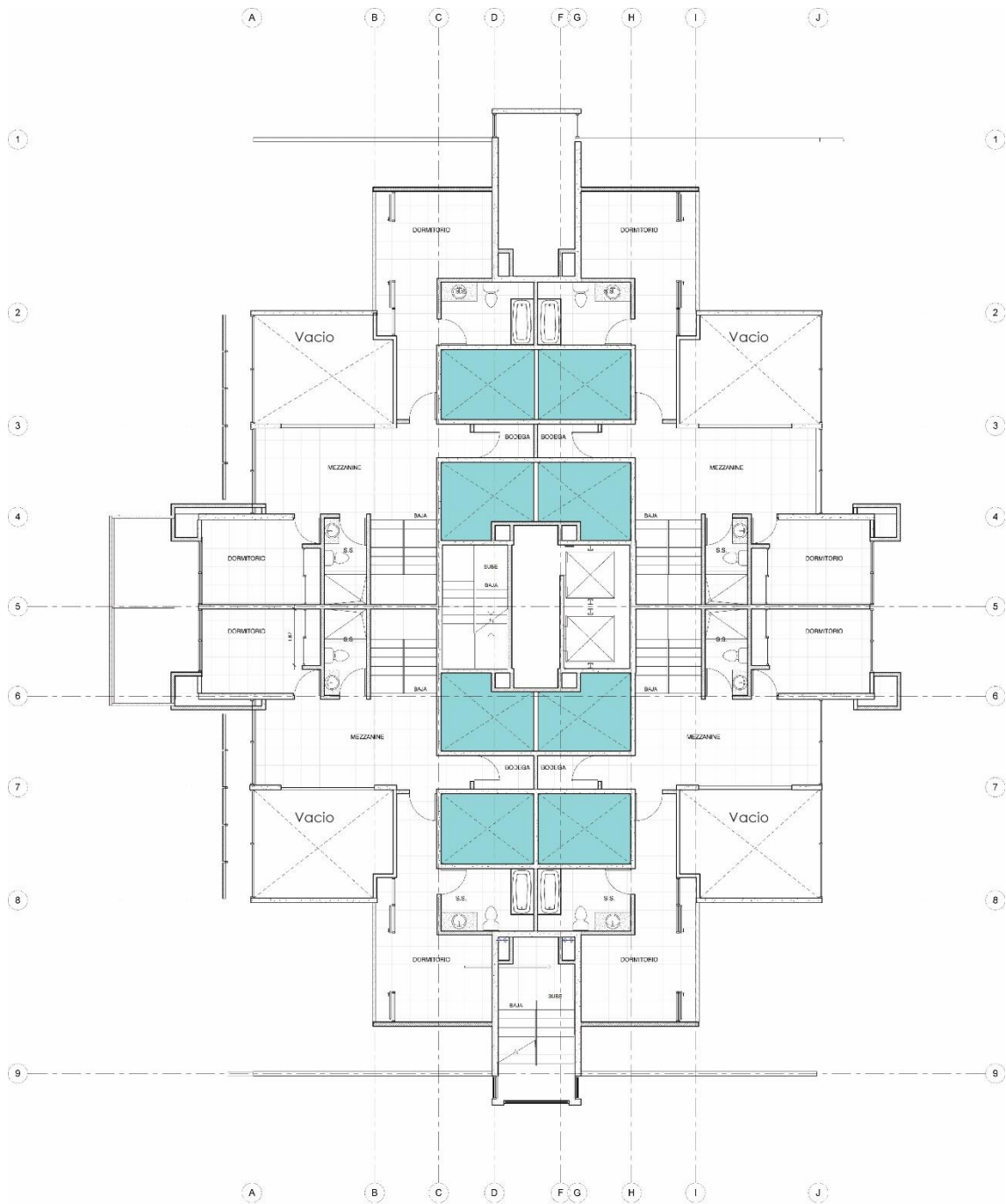


Ilustración 97.Rediseño de Planta Arquitectónica 1º Nivel de Penthouse. Fuente: Elaboración propia





### SIMBOLOGÍA

Ducto interno extracción de aire

Ilustración 98. Rediseño de Planta Arquitectónica 2º Nivel de Penthouse. Fuente: Elaboración propia



#### SIMBOLOGÍA

Ducto interno extracción de aire

Ilustración 99. Rediseño de Planta Arquitectónica Nivel de Azotea. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detalle en modelo 3D, el diseño de la ampliación de terrazas, así como de los aleros para el control de la incidencia solar, los cuales se estructuraron mediante madera laminada, todo el sistema está pensando de manera prefabricada y modular, la cual facilita su instalación y ensamblaje.

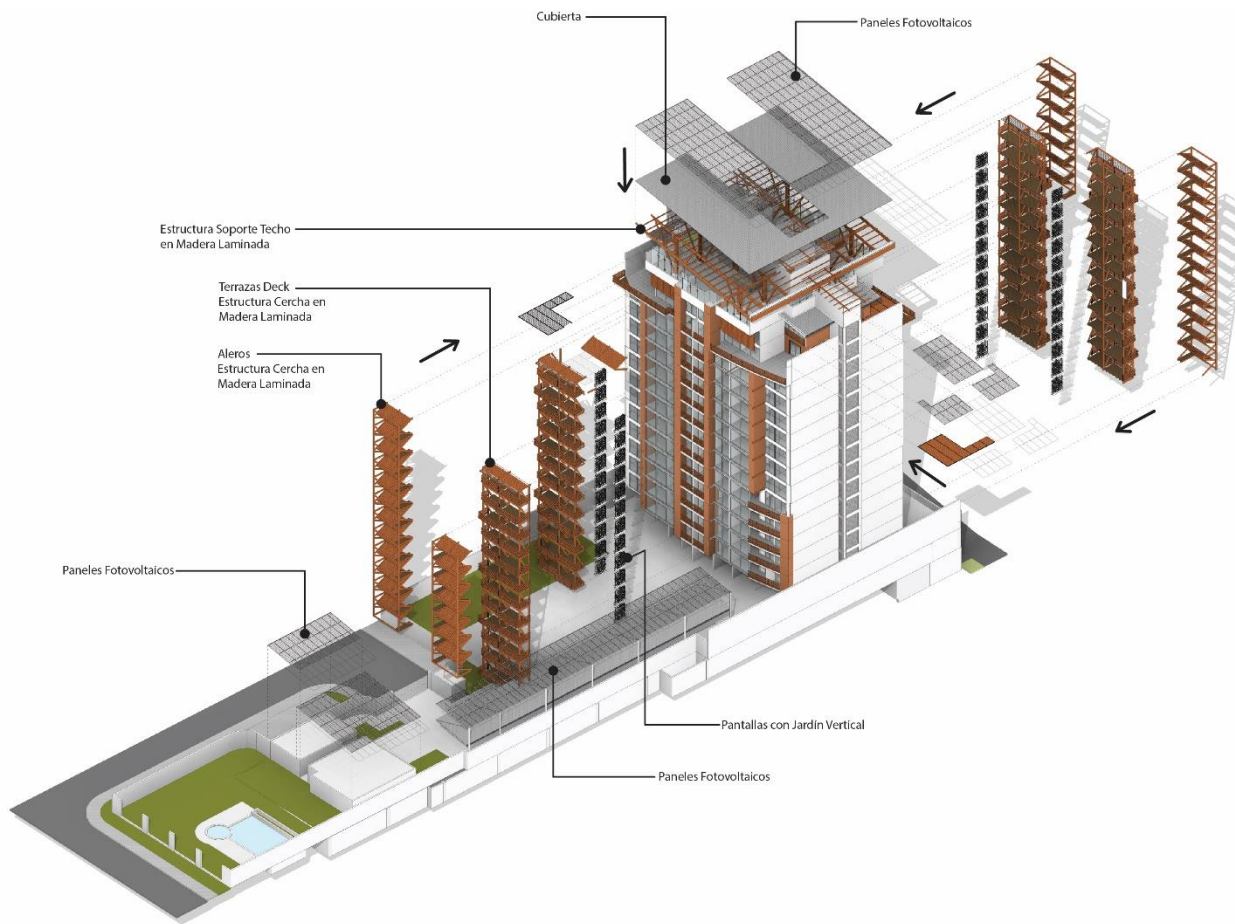


Ilustración 100. Planta Conjunto 3D Explotado de la propuesta del proyecto. Fuente: Elaboración propia

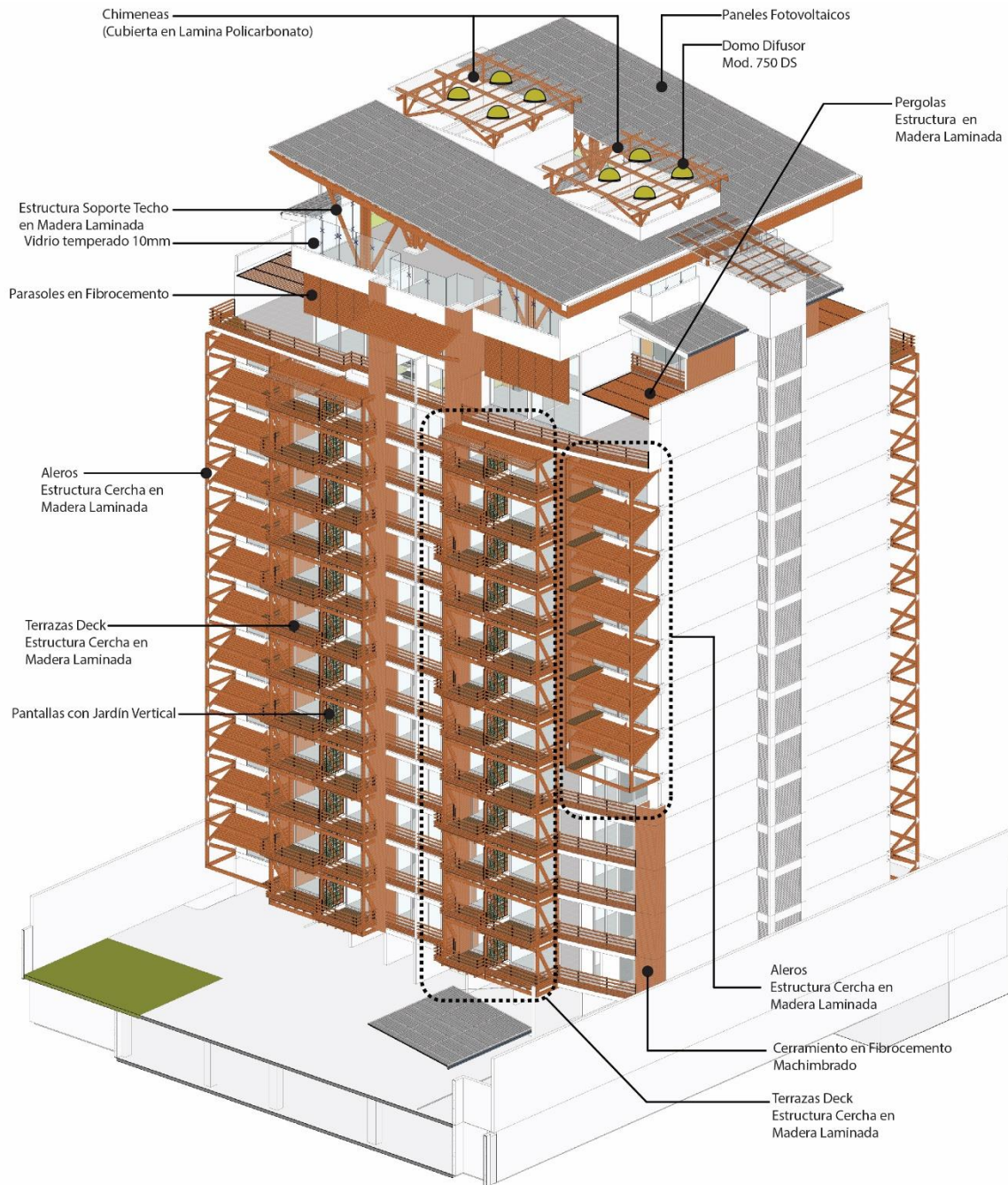


Ilustración 101. Isométrico General de la propuesta a implementar. Fuente: Elaboración propia



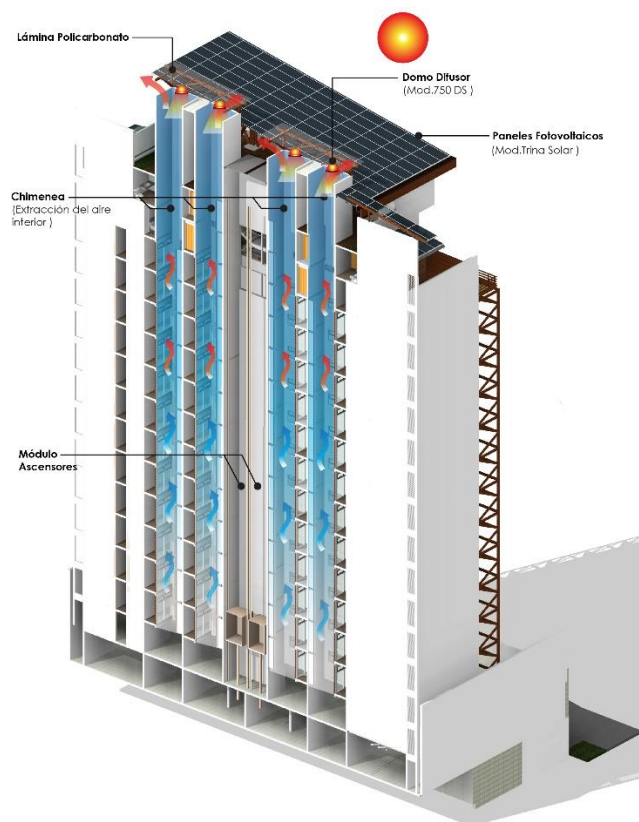


Ilustración 102. Corte Isométrico del edificio, detalle de los ductos internos y de la iluminación mediante domos acrílicos. Fuente: Elaboración propia

En este corte isométrico se detalla la ubicación de los ductos, en donde además se planteó colocar encima de las chimeneas, una cubierta en lámina de policarbonato celular que permita el paso de la luz natural, como medida adicional para mejorar la iluminación interna del edificio sin utilizar sistemas de iluminación eléctrica, se colocó en cada ducto un domo acrílico que capta luz del sol, y mediante un tubo reflectivo amplifica la luz captada y la lleva hacia el interior del edificio con un difusor que dispersa la luz en todo el área central.

Se seleccionó el domo acrílico Modelo 750 DS industrial, que ofrece la empresa Solatube, que permite cubrir un área de hasta 40 m<sup>2</sup>, iluminando a una capacidad de 13500 a 20500 lumens.

**Modelo 330/750 DS - Comercial/Industrial**

Diametro: 53 centímetros

Cubre aprox 25 a 40 m<sup>2</sup>

Ilumina de 13500 a 20500 lumens

Largo de tubo: Hasta 12 metros

Factor U: 0.55

Factor SHGC: 0.20

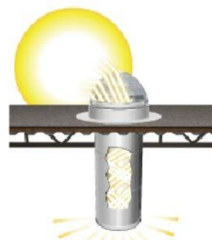


Ilustración 103. Domo Acrílico Mod. 750-DS. Fuente: Solatube, Ambiente S.A:

A cuantinuacion se detalla el sistema planteado para las fachadas, en donde se coloco una estructura tipo cerca americana vertical en madera laminada, las cuales soportan unas terrazas tipo decks que ayudan a controlar la incidencia solar en fachadas, y en los costados del edificio se coloco de igual manera una estructura que soporta los aleros y plataformas de mantenimiento.

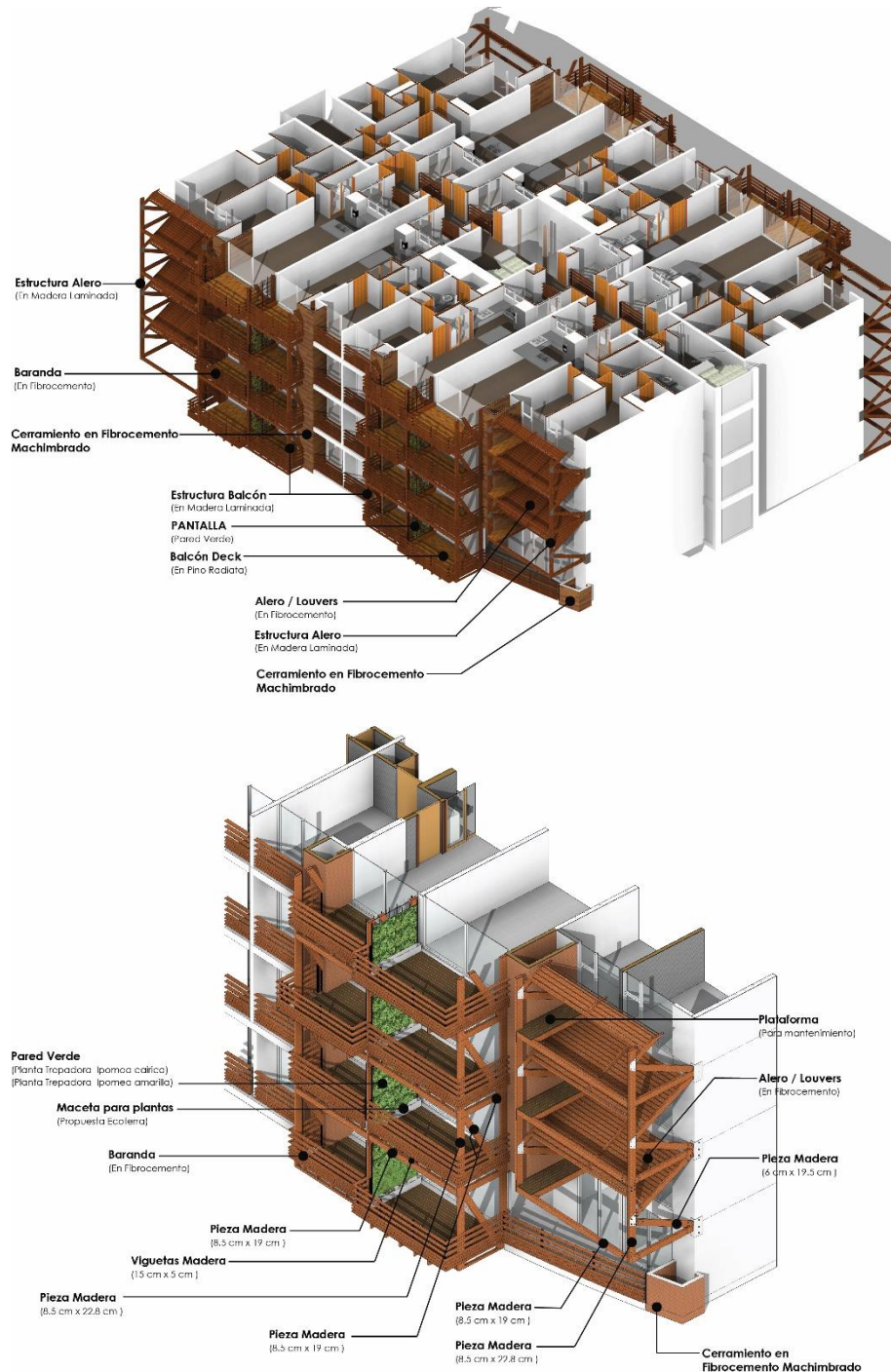


Ilustración 104. Detalle de Estructura colocada en fachadas en madera laminada. Fuente: Elaboración propia

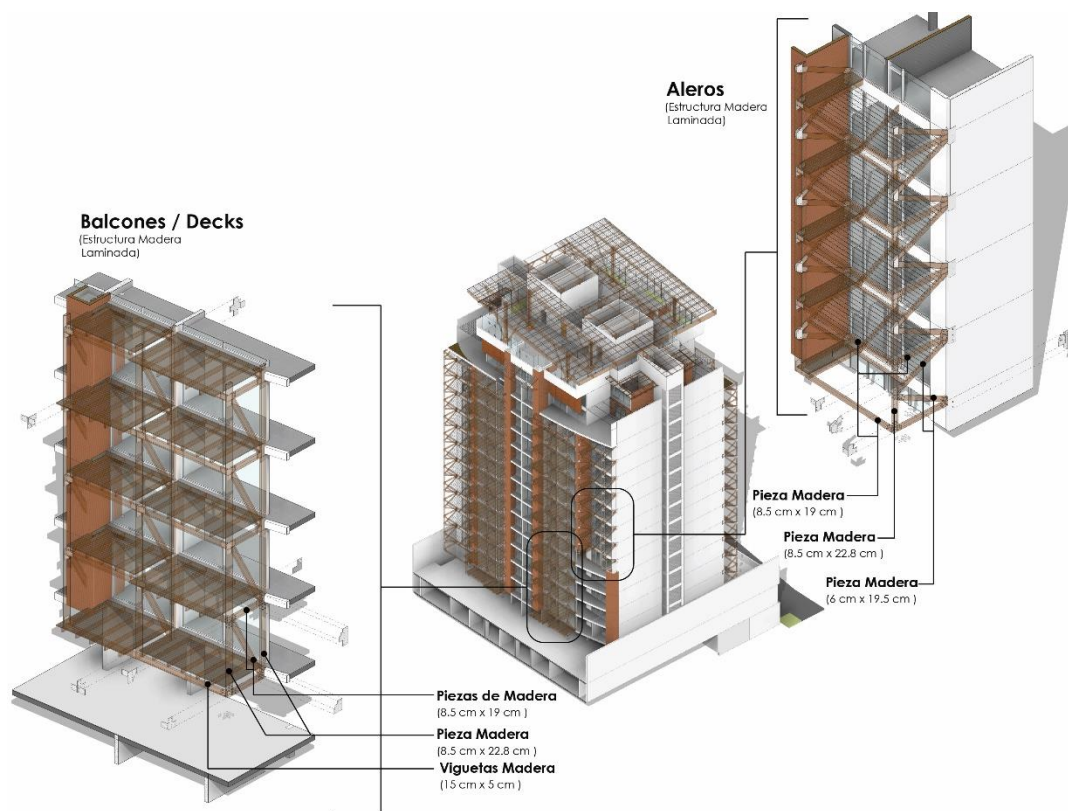


Ilustración 105. Detalle y especificaciones de la estructura en madera laminada. Fuente: Elaboración propia

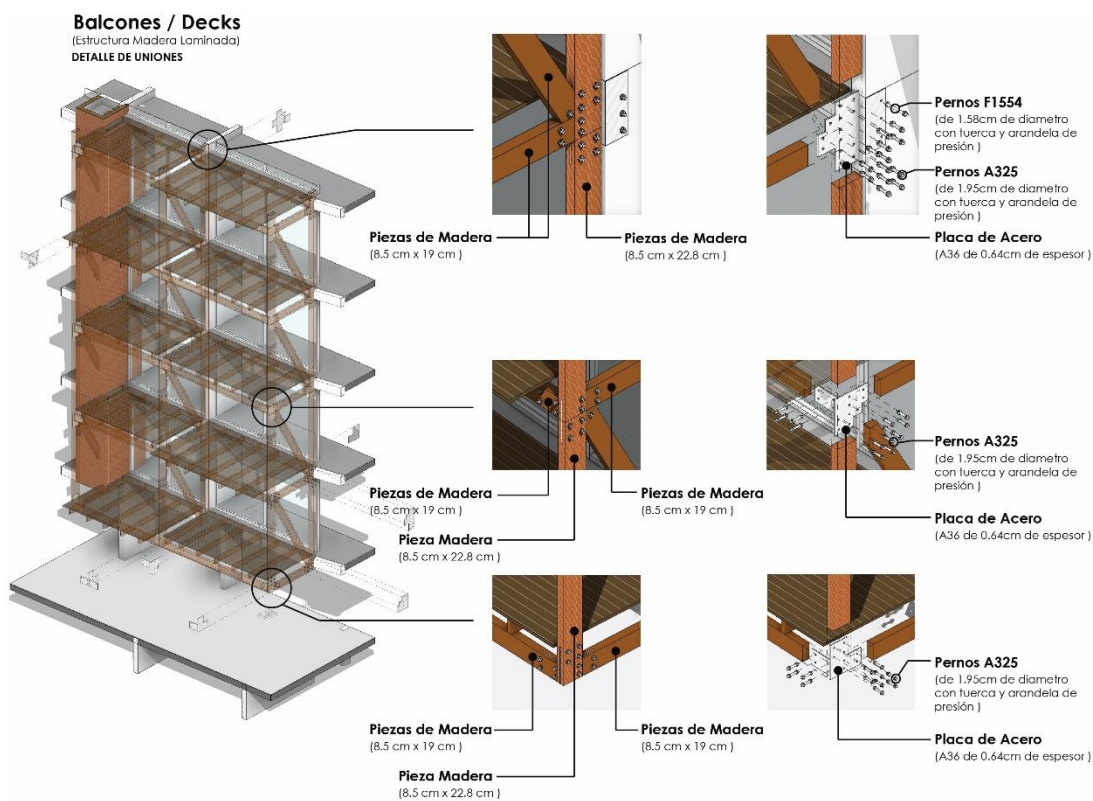


Ilustración 106. Detalle de piezas y uniones en balcones. Fuente: Elaboración propia



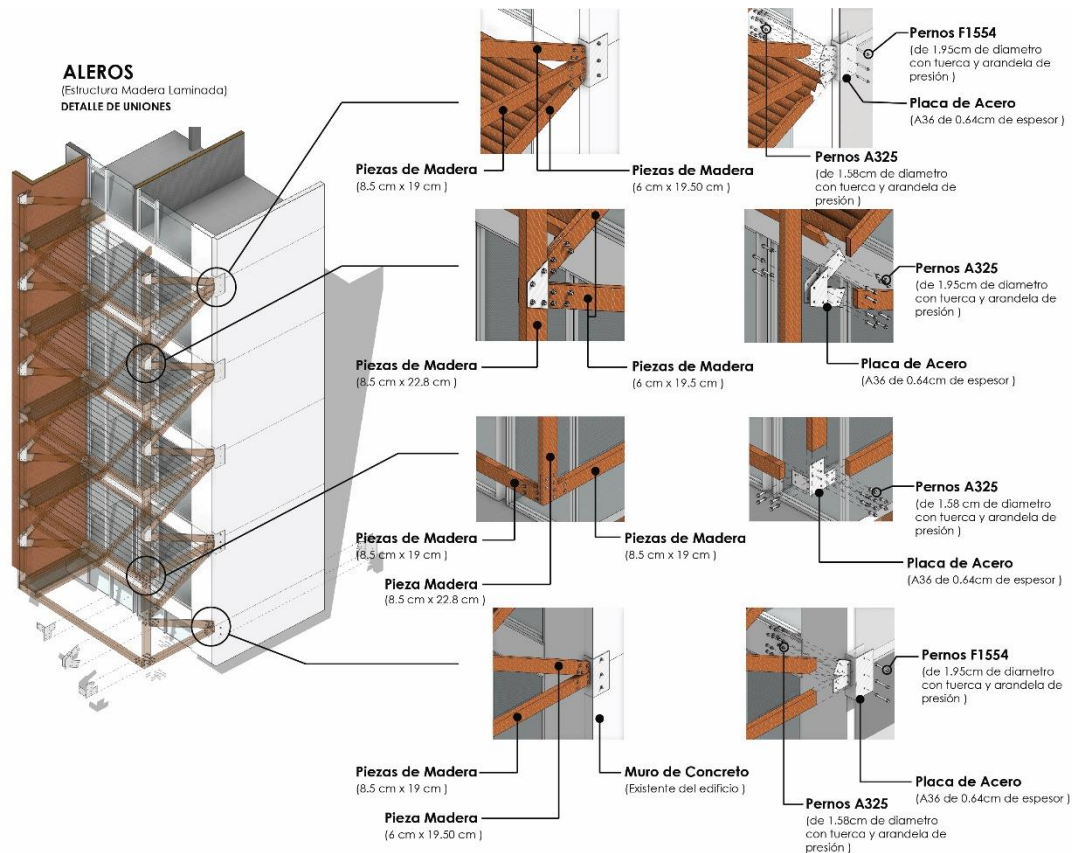


Ilustración 107. Detalle de piezas y uniones en aleros. Fuente: Elaboración propia

### Pared Verde (Jardín Vertical) como pared divisoria entre balcones

Para lograr mantener privacidad entre vecinos de apartamentos, se planteó construir una pared verde (jardín vertical) con plantas trepadoras, que funcionarían como barrera divisoria entre balcón y balcón, cada inquilino tendría su propia pared verde, habiendo un total en el edificio de 96 módulos que miden 2.00 m de alto y 1.78 m de ancho.

La propuesta se plantea en coordinación con la empresa Ecoterra Landscaping, y se determina que para cada pared verde o modulo, se debe mantener:

- Una maceta de 30 cm de fondo x 30cm de altura, para el crecimiento de la planta trepadora
- Tierra y piedra para el correcto drenaje del riego
- Riego por goteo en la zona de la maceta
- Aproximadamente 10 plantas trepadoras por maceta

- Estructura de malla electrosoldada

El sistema de goteo funcionara con mangueras de riego por goteo con compensación de presión de la serie A5 PC, para agricultura, con tecnología de Gotero GritX, dicho sistema ira conectado con un timer y electroválvula, que controlara el flujo del agua en distintos momentos de la semana.

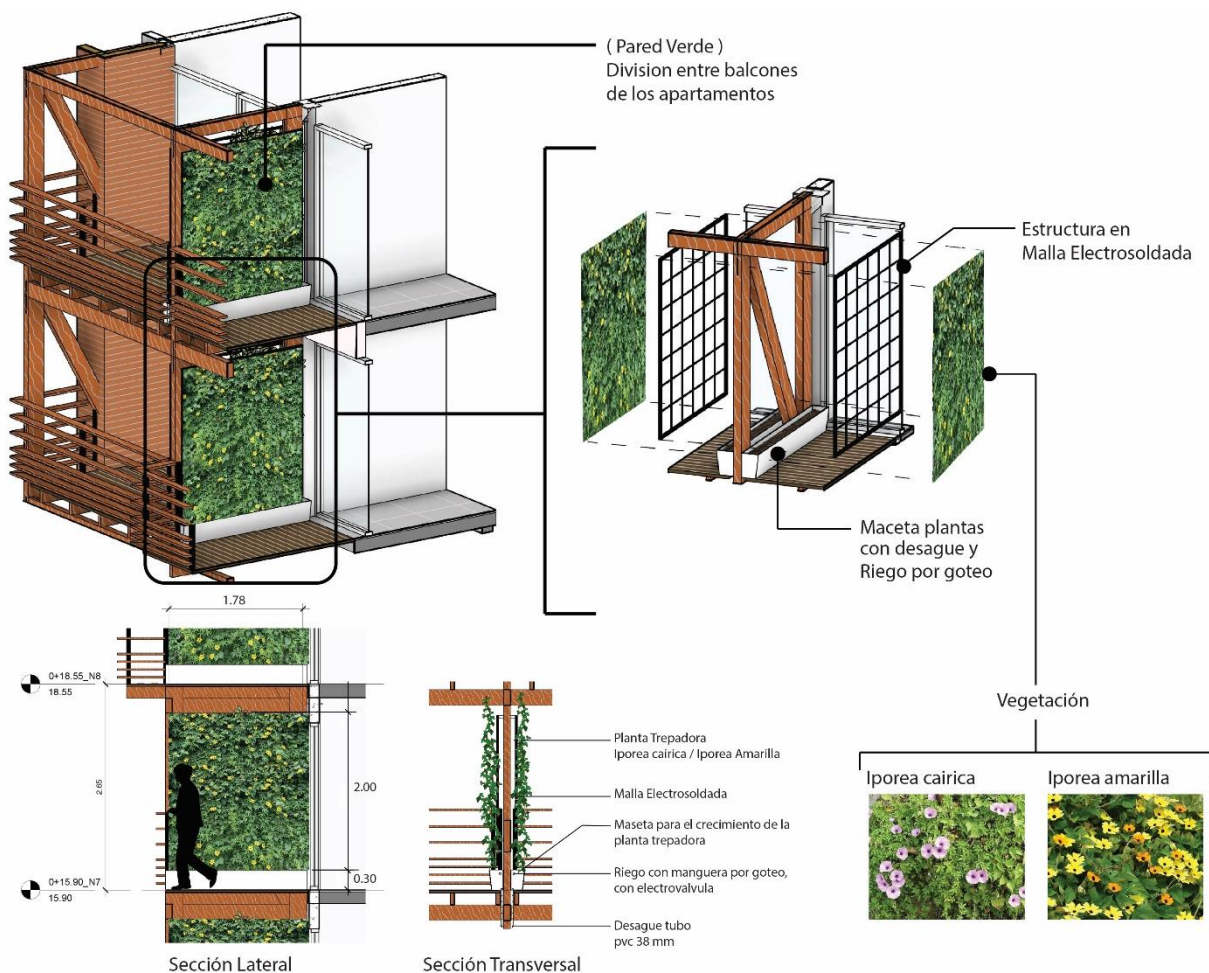


Ilustración 108. Detalle de Pared Verde, como barrera divisoria en balcones. Fuente: Elaboración propia

Hay diversos tipos de plantas y sistemas que se pueden plantear, para lograr un jardín vertical, específicamente para los módulos de este proyecto, se seleccionaron dos tipos de plantas trepadoras: Mornig Glory (*Ipomea cairica*) e *Ipomea amarilla*

## Paleta Vegetal Pared Verde



### Morning Glory

*Ipomea cairica*

#### Características:

- Planta trepadora de rápido crecimiento.
- El tono de la flor puede variar.
- Florecen todo el año.
- Resiste climas encima de los 10 °C.
- Son bastante resistentes con diferentes tipos de suelos, mientras estos tengan correcto drenaje.
- Suelen necesitar riegos regulares de 2 o 3 veces por semana, dependiendo del tipo de tierra y clima al que estén expuestas.
- Mantenimiento de poda aproximadamente 1 vez cada 3 meses dependiendo de la rapidez en que se desarrolle la planta.



### Ipomea amarilla / Thunbergia

*Thunbergia alata*

#### Características:

- Planta trepadora de rápido crecimiento.
- Florecen la mayoría del año.
- Su floración es anaranjada o amarilla.
- Normalmente se utiliza en zonas frías y de la GAM.
- Necesitan un correcto drenaje, a veces ayudándole con nutrientes en la tierra.
- Es necesario ayudarla a trepar en sus primeros momentos con una estructura de soporte.
- Mantenimiento de poda aproximadamente 1 vez cada 3 meses dependiendo de la rapidez en que se desarrolle la planta.

Ilustración 109. Tipos de plantas para pared verde. Fuente: Ecoterra Landscaping

El sistema por goteo planteado mantiene un flujo constante de agua y una distribución uniforme al entrar en funcionamiento, siendo además de fácil instalación con bajos costos de mano de obra.

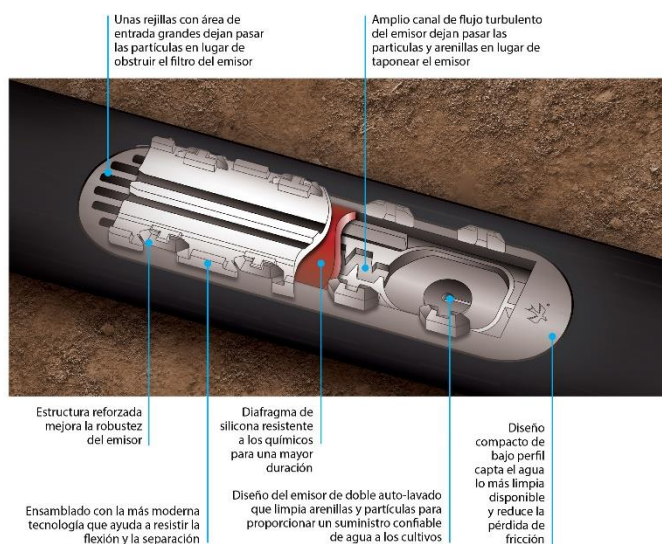


Ilustración 110. Detalle Manguera sistema por goteo. Fuente: Ecoterra Landscaping

## 10.2 Análisis estructural de la propuesta

### 10.2.1 Descripción general

En coordinación con el Ingeniero Estructural Jorge Daniel Rodríguez Hernández, se diseñan los balcones, estructura de Louvers y techos en madera, en la ilustración 111 y 112 se muestra una vista en planta y una en elevación de los dos tipos de módulo de balcones, respectivamente en la ilustración 113 y 114 se muestra la planta de techos, su elevación y una vista tridimensional respectivamente.

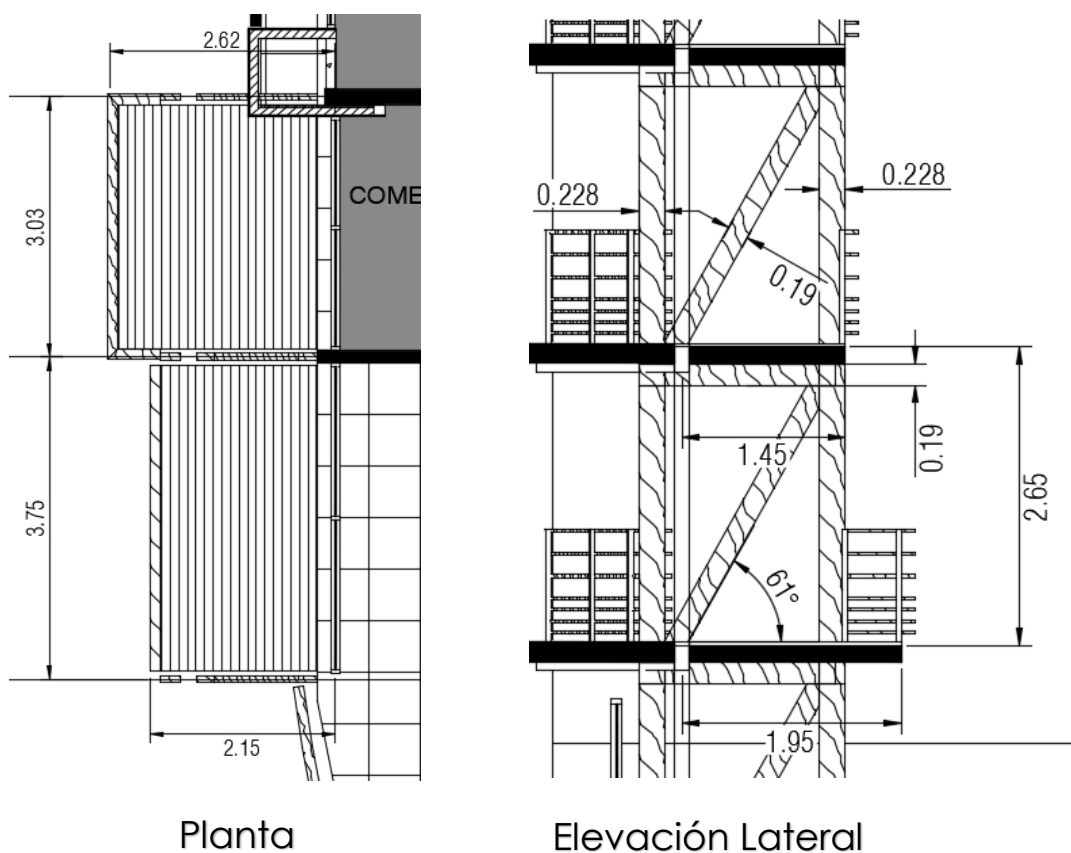
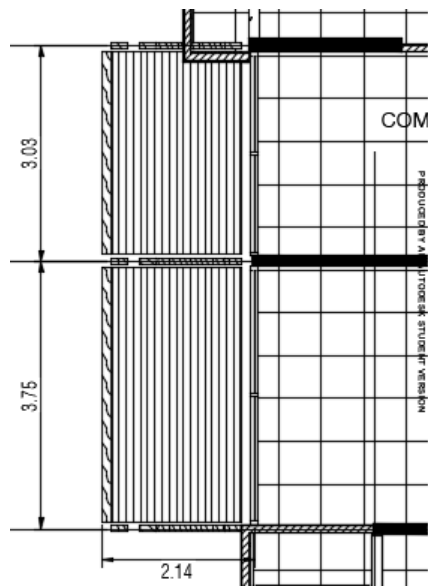
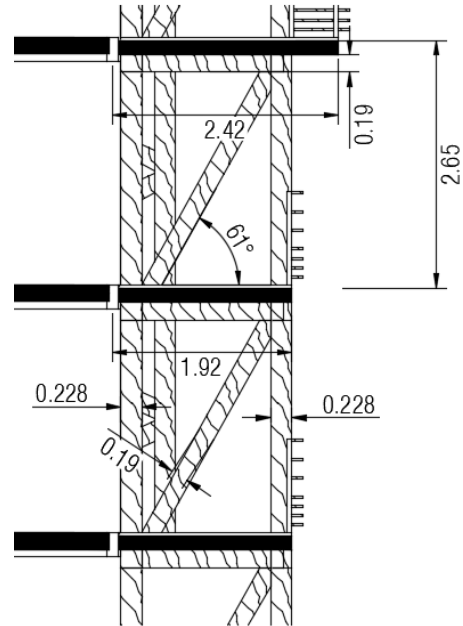


Ilustración 111. Módulo 01 diseño estructural de balcones. Fuente: Elaboración propia





Planta



Elevación Lateral

Ilustración 112. Módulo 02 diseño estructural de balcones. Fuente: Elaboración propia

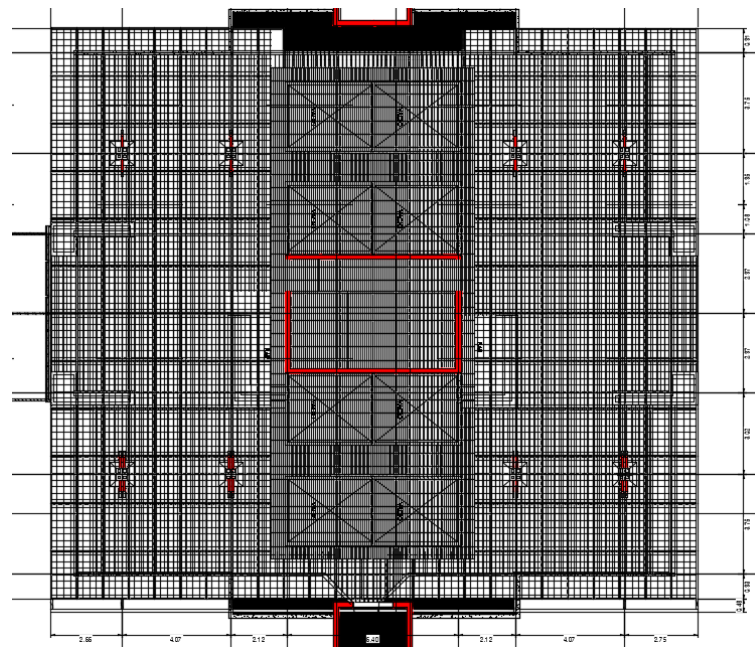


Ilustración 113. Planta de Techos analizada. Fuente: Elaboración propia

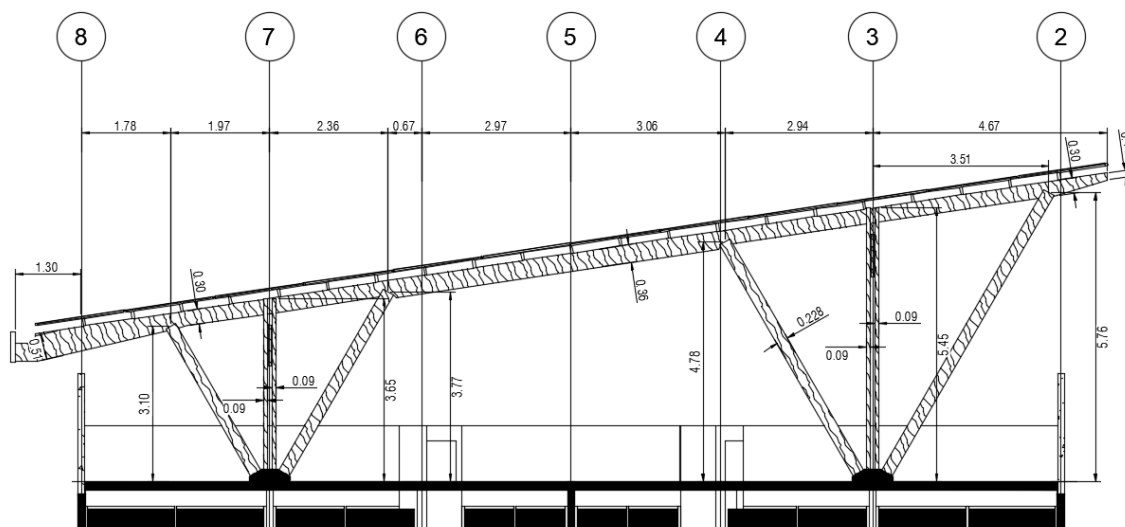


Ilustración 114. Marco típico de estructura soporte de la cubierta en Azotea. Fuente: Elaboración propia

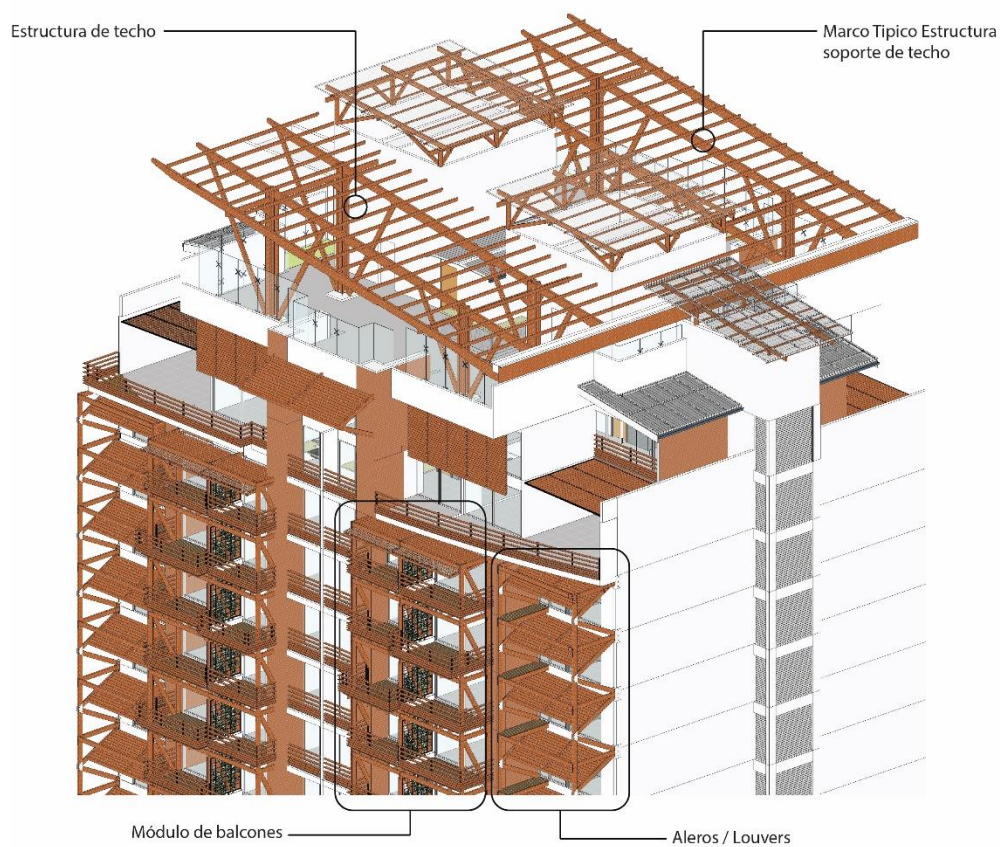


Ilustración 115. Vista tridimensional. Fuente: Elaboración propia

### 10.2.2 Normativa utilizada

- Comisión Permanente, Código Sísmico de Costa Rica 2010 – Revisión 2014 (CSCR-2010-14), 2014.
- American Institute of Steel construction, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 341-16), 2016.
- American Institute of Steel construction, Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts, 2004.
- American Institute of Steel construction, Specification for Structural Steel Buildings, 15th Ed (AISC 360-16), 2016.
- American Wood Council's (AWC), National Design Specification (NDS), 2018.
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, Reglamento de Construcciones, 1988

### 10.2.3 Materiales considerados

Las características de los materiales utilizados se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 59. Características de los materiales considerados

Característica del material	Valor considerado
<b>Acero laminado en Caliente</b>	
Densidad, $\gamma$	7850 kg/m <sup>3</sup>
Esfuerzo de fluencia $F_y$	2520 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad, E	2 100 000 kg/m <sup>3</sup>
<b>Madera Laminada</b>	
Módulo de elasticidad, $E_m$	7500 kg/cm <sup>2</sup>
Densidad, $\gamma$	450 kg/m <sup>3</sup>

### 10.2.4 Cargas consideradas

#### Cargas permanentes

Las sobrecargas permanentes consideradas en los balcones se detallan en la siguiente tabla:



Tabla 60. Sobrecargas permanentes consideradas en balcones

Tipo de carga	Valor considerado
1. Piso de tabloncillos de madera	20 Kg/m <sup>2</sup>
2. Instalaciones electromecánicas	15 Kg/m <sup>2</sup>
3. Cieloraso	20 Kg/m <sup>2</sup>
4. Viguetas	15 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>70 Kg/m<sup>2</sup></b>

Las sobrecargas permanentes consideradas en los louvers se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 61. Sobrecargas permanentes consideradas en los Louvers

Tipo de carga	Valor considerado
1. Clavadores	15 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>15 Kg/m<sup>2</sup></b>

En el techo se consideraron las sobrecargas permanentes descritas en la siguiente tabla:

Tabla 62. Cargas permanentes consideradas en el techo

Tipo de carga	Valor considerado
Instalaciones electromecánicas	20 kg/m <sup>2</sup>
Acabado de cielos	20 kg/m <sup>2</sup>
Paneles solares (18 kg, dimensiones (165x94) cm)	20 kg/m <sup>2</sup>
Clavadores	15 kg/m <sup>2</sup>
Cubierta de techo	10 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>85 kg/m<sup>2</sup></b>

### Cargas temporales

Las cargas temporales consideradas cumplen con lo establecido en la Tabla 6.2 del Código Sísmico de Costa Rica, 2010. Los valores se encuentran en la tabla:

Tabla 63. Cargas temporales consideradas

Nivel	Valor considerado
Balcones (habitaciones)	250 kg/m <sup>2</sup>
Techos	40 kg/m <sup>2</sup>

### Cargas de viento

El cálculo de la carga de viento se realiza como se establece en el Reglamento de Construcciones de Costa Rica. Para esto, se consideran los parámetros de la tabla 63.

Tabla 64. Cargas de viento consideradas

Parámetro	Viento en techos
Ubicación	Campo abierto
Factor de grupo	Grupo B: 1.0
Factor de forma de presión	$1,2 \cdot \sin(A) - 0,4$
Factor de forma de succión	0.4
Altura máxima	47.30 m
Presión básica	150 kg/m <sup>2</sup>
Carga a Succión	75 kg/m <sup>2</sup>

### 10.2.5 Combinaciones consideras

Las combinaciones de análisis utilizadas se encuentran en el CSCR-2010, sección 6.2.1. Se describen a continuación:

$$CU = 1.4 CP \text{ [6-1]}$$

$$CU = 1.2 CP + 1.6 fR CT + 1.6 CE \text{ [6-2]}$$

$$CU = 1.05 CP + f1 fR CT \pm CS + CE \text{ [6-3]}$$

$$CU = 0.95 CP \pm CS + CE \text{ [6-4]}$$

donde:

$CU$  = carga última de diseño.

$CP$  = carga permanente.

$CT$  = carga temporal, sin la reducción indicada en el artículo 6.3.

$CS$  = carga sísmica.

$CE$  = carga por empuje.

El factor  $f1$  está dado por:

$f1 = 0.5$  para edificaciones de baja probabilidad de ocupación plena de carga temporal a la hora del sismo.

$f1 = 1.0$  para edificaciones con alta probabilidad de ocupación plena de

*carga temporal* a la hora del sismo, como: bodegas, sitios de reunión pública, estacionamientos públicos, etc.

$f_1 = 0.0$  para techos.

$f_R$  = factor de reducción de *carga temporal* según el artículo 6.3.

El producto ( $f_1 f_R$ ) dado en la ecuación [6-3] no puede ser menor que 0.5.

En la combinación 2 se consideró un factor de reducción de  $f_R=1.0$

En la Combinación 3 se consideró un factor  $f_1$  de 0.5 según sección 6.2.1 del CSCR-2010 y un  $f_R$  de 1.0, de tal forma que el producto de ambas no sea menor que 0.5.

Debido a que las cargas sísmicas no rigen el diseño de estos elementos, se consideran las combinaciones anteriores cambiando la CS por carga de viento. Esto se considera como un criterio del lado de la seguridad debido a que las combinaciones de viento en el Reglamento de construcciones presentan menores factores de seguridad.

### 10.2.6 Modelo de Análisis

Se realizan tres modelos bidimensionales (uno por cada elemento considerado) utilizando el programa SAP2000®. Ilustrados en las imágenes (ilustración 116, 117 y 118). Con las siguientes consideraciones:

- Las columnas y vigas han sido considerados como elementos tipo barra.
- Los apoyos a nivel de entrepiso fueron considerados como apoyos simples.

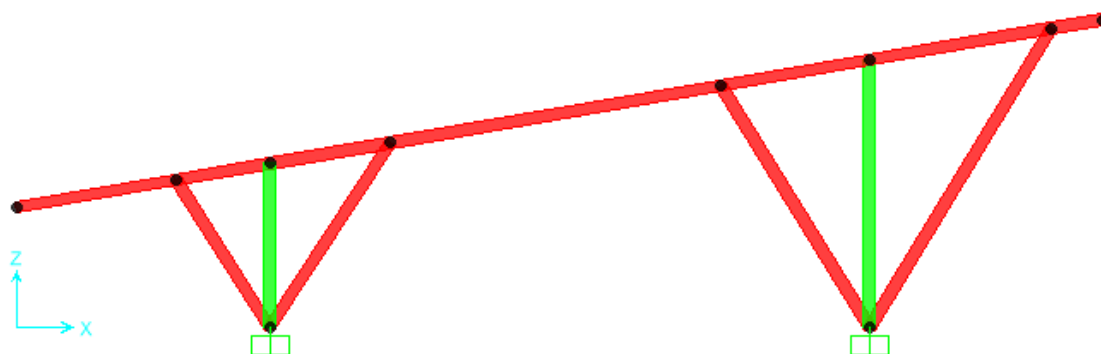


Ilustración 116. Modelo del techo del edificio. Fuente: Ing. Jorge Daniel Rodríguez Hernández

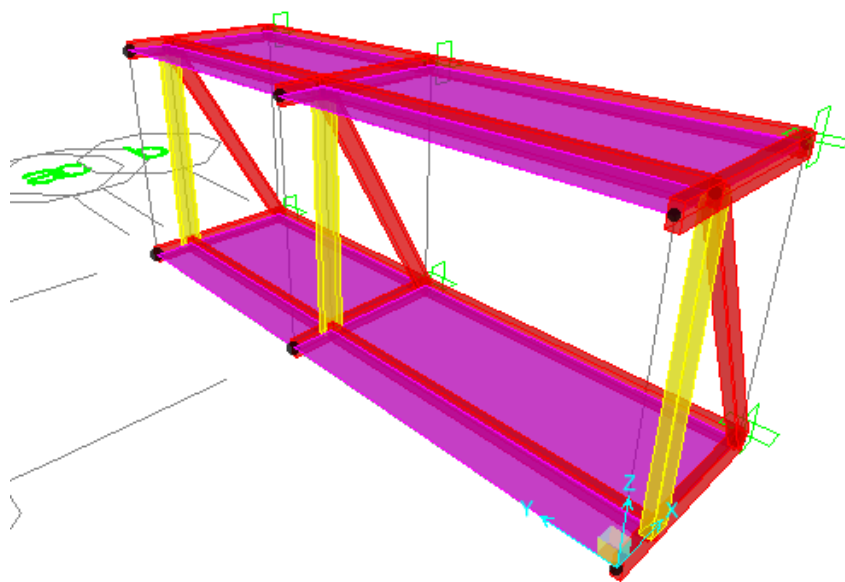


Ilustración 117. Modelo de balcones. Fuente: Ing. Jorge Daniel Rodríguez Hernández

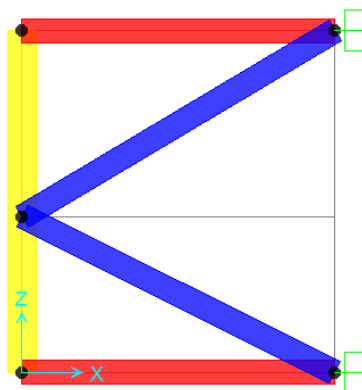


Ilustración 118. Modelo estructura Louvers. Fuente: Ing. Jorge Daniel Rodríguez Hernández

## 10.2.7 Diseño del techo principal

### Diseño de columnas

#### Revisión a compresión

Se procede a diseñar los elementos de madera a sometidos a compresión. Se sigue el procedimiento de diseño establecido en el NDS (1), por medio del método LRFD. Para obtener los valores de diseño de referencia, se deberán seguir los procedimientos establecidos por la norma ASTM D143-14 para las obtención de los valores a partir de pruebas, ASTM D2555-06 para establecer valores representativos de una especie y ASTM D245-06 para determinar los valores admisibles de resistencias de acuerdo a una inspección visual, obtenidos a partir de muestras pequeñas de madera libres de defecto, o bien, de las normas ASTM D198 o ASTM D4761 y ASTM D1990-14 para especímenes de tamaño completo de grado estructural. Los procedimientos establecidos en estas normas toman en cuenta la variabilidad estadística de las propiedades de resistencia, los cambios en las condiciones de servicio y los defectos en los especímenes.

#### Datos generales

##### Dimensiones

Peralte, d:	13.5	cm
Ancho, b:	13.5	cm
Área, A:	182.3	cm

##### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Esfuerzo admisible de compresión paralela al grano, $f_{c  }$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{\min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>

#### Fuerzas de diseño

##### Combinaciones de carga para la compresión última, $P_u$ :

[6-1] $P_u$ =	469	kg
[6-2] $P_u$ =	620	kg
[6-3] $P_u$ =	502	kg
[6-4] $P_u$ =	355	kg

#### Condiciones de carga

Tipo de carga temporal:	Ocupación
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Incisiones aplicación de tratamiento:	No

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de conversión de método, $K_f$ :	2.40	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a compresión, $\phi_c$ :	0.90	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo del factor de estabilidad lateral a compresión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_p$ , para elementos sometidos a compresión. Este depende de la razón de esbeltez,  $l_e/d$ . En caso de que la columna este soportada lateralmente en toda su altura,  $C_p = 1.0$  3.7.1.1 NDS

$K_e l = l_e$  := longitud efectiva (longitud entre puntos de inflexión) del elemento y depende de las condiciones de soporte. La razón  $l_e/d$  debe ser menor o igual a 50.

Para este caso, de acuerdo a las siguientes condiciones de apoyo se tiene:

Soporte lateral paralelo a b (Dirección x):	No
Soporte lateral paralelo a d (Dirección y):	No
Longitud libre, $l_x$ :	5.35 m
Longitud libre, $l_y$ :	5.35 m
$K_{e,x}$ :	1.0
$K_{e,y}$ :	1.0
$I_{e,x}/b =$	40 Cumple
$I_{e,y}/d =$	40 Cumple

El factor de estabilidad lateral a compresión está dado por:

$$C_p = \frac{1 + (f_{cE}/f_c^*)}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + (f_{cE}/f_c^*)}{2c}\right)^2 - \frac{(f_{cE}/f_c^*)}{c}} \quad (3.7-1) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{cE} = \frac{0.822 E'_{min}}{(l_e/d)^2}$$

$f_c^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_v$  y  $C_L$

$f_c^* =$	70	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cE1} =$	70	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cE2} =$	70	kg/cm <sup>2</sup>
$c =$	0.9	
$C_p =$	0.76	

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a compresión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_c P' =$	5251	kg	$\geq$	$P_u =$	469	kg	Cumple	9%
[6-2]	$\phi_c P' =$	7001	kg	$\geq$	$P_u =$	620	kg	Cumple	9%
[6-3]	$\phi_c P' =$	8751	kg	$\geq$	$P_u =$	502	kg	Cumple	6%
[6-4]	$\phi_c P' =$	8751	kg	$\geq$	$P_u =$	355	kg	Cumple	4%

### Revisión a flexión

#### Datos generales

##### Dimensiones

Peralte, d:	13.5	cm
Ancho, b:	13.5	cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	4	cm

##### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina
Tipo de madera:	Latifoliada
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de flexión, $f_b$ :	90 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de tensión radial, $f_{tL}$ :	4 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	9 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano, $f_{cL}$ :	24 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano, $f_c$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>

#### Fuerzas de diseño

##### Combinaciones de carga para el momento último, $M_u$ :

[6-1] $M_u =$	189	kg-m
[6-2] $M_u =$	264	kg-m
[6-3] $M_u =$	157	kg-m
[6-4] $M_u =$	111	kg-m



## Cálculo de capacidad

249

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a flexión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_b M'_x = \phi_b \lambda S_x f'_{bx}$$

$$S_x = \frac{I_x}{c}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$c = d/2$$

$$I_x = \boxed{2768} \text{ cm}^4$$

$$c = \boxed{7} \text{ cm}$$

$$S_x = \boxed{410} \text{ cm}^3$$

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$$\lambda = 0.6 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 0.8 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 1.0 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 1.0 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

[6-1]	$\phi_b M'_x =$	<b>478</b>	kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>189</b>	kg-m	Cumple	40%
[6-2]	$\phi_b M'_x =$	<b>637</b>	kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>264</b>	kg-m	Cumple	41%
[6-3]	$\phi_b M'_x =$	<b>797</b>	kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>157</b>	kg-m	Cumple	20%
[6-4]	$\phi_b M'_x =$	<b>797</b>	kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>111</b>	kg-m	Cumple	14%

## Revisión a cortante

### Datos generales

#### Dimensiones

Peralte, d:	<b>13.5</b>	cm
Ancho, b:	<b>13.5</b>	cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	<b>3.8</b>	cm

#### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	12.5 kg/cm <sup>2</sup>

### Fuerzas de diseño

#### Combinaciones de carga para el cortante último, $V_u$ :

[6-1] $V_u =$	<b>90</b>	kg
[6-2] $V_u =$	<b>125</b>	kg
[6-3] $V_u =$	<b>59</b>	kg
[6-4] $V_u =$	<b>40</b>	kg

### Condiciones de carga

Tipo de carga temporal:  
 Contenido de humedad:  
 Condición de temperatura:  
 Incisiones aplicación de tratamiento:  
 Elemento no prismático  
 Elemento sujeto a cargas cíclicas o de impacto  
 Punto de cortes o conexión

Ocupación
<16%
T<38°C
No
No
Sí
No

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de reducción de cortante, $C_{vr}$ :	0.72	5.3.10 NDS
Factor de conversión de método, $K_f$ :	2.88	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.75	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a cortante. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_v V' = \phi_v \frac{2}{3} \lambda f'_v b d$$

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_v V' =$	1417	kg	$\geq$	$V_u =$	90	kg	Cumple	6%
[6-2]	$\phi_v V' =$	1890	kg	$\geq$	$V_u =$	125	kg	Cumple	7%
[6-3]	$\phi_v V' =$	2362	kg	$\geq$	$V_u =$	59	kg	Cumple	3%
[6-4]	$\phi_v V' =$	2362	kg	$\geq$	$V_u =$	40	kg	Cumple	2%

## Diseño de Vigas

### Flexión

Datos generales	
<b>Dimensiones</b>	
Peralte, d:	35.0 cm
Áncho, b:	13.5 cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	4 cm
<b>Características mecánicas</b>	
Especie de madera:	Melina
Tipo de madera:	Latifoliada
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de flexión, $f_b$ :	90 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de tensión radial, $f_{tL}$ :	4 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de cortante, $f_v$ :	9 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano, $f_{cL}$ :	24 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano, $f_c$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas de diseño</b>	
<b>Combinaciones de carga para el momento último, <math>M_u</math>:</b>	
[6-1] $M_u$ =	2096 kg-m
[6-2] $M_u$ =	4010 kg-m
[6-3] $M_u$ =	2232 kg-m
[6-4] $M_u$ =	2283 kg-m
<b>Condiciones de carga</b>	
Longitud entre puntos de momento cero:	6.72 m
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Sistema repetitivo:	No
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Elemento con curvatura:	No
Radio interno:	m
Incisiones aplicación de tratamiento:	No
Elemento con sección variable:	No
Ubicación del ahogado (Para sección variable):	No aplica
Ángulo del ahogado (Para sección variable):	°
<b>Factores de ajuste</b>	
Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00 Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00 Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00 4.3.6 NDS
Factor de volumen, $C_V$ :	0.98 5.3.6 NDS
Factor de uso plano; $C_{in}$ :	1.00 4.3.7/5.3.7 NDS
Factor de curvatura, $C_c$ :	1.00 5.3.8 NDS
Factor de interacción de esfuerzos, $C_i$ :	1.00 5.3.9 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00 Tabla 4.3.8 NDS
Factor de sistema repetitivo, $C_r$ :	1.00 4.3.9 NDS
Factor de conversión de método, $K_F$ :	2.54 Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.85 Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo del factor de estabilidad lateral a flexión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_L$ , para elementos sometidos a flexión, en caso de que estos no tengan apoyo lateral. En caso de que cualquiera de los siguientes criterios se cumpla, el elemento se considera apoyado lateralmente a flexión y  $C_L = 1.00$ ;

1.  $d \leq b$  3.3.3.1 NDS

No

2. El borde en compresión tiene soporte a lo largo de toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral y los extremos en los puntos de apoyo tienen soporte lateral para prevenir rotación 3.3.3.3 NDS

No

3. Para las vigas de madera aserrada estructural se debe proveer soporte lateral y torsional de la siguiente forma según la relación  $d/b$  3.3.3.2 NDS

Para este caso,  $d/b$  :

2.6

(a)  $d/b \leq 2$

4.4.1.2 (a)

No aplica

(b)  $2 < d/b \leq 4$ ; los extremos se mantienen en su posición entramando toda la altura, arriostrando, colgando, clavando o empernando a otros elementos, u otro medio aceptable.

4.4.1.2 (b)

No aplica

(c)  $4 < d/b \leq 5$ : el borde del miembro en compresión se mantiene en línea para toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral, por forros o elementos de piso adecuados, y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral.

4.4.1.2 (c)

No aplica

(d)  $5 < d/b \leq 6$ : además de cumplir con el requisito en (c), se arriostra y entrama en toda la altura o se arriostra con elementos diagonales cruzados a intervalos que no exceden 2.44 m.

4.4.1.2 (d)

No aplica

(e)  $6 < d/b \leq 7$ : ambos bordes del elemento se mantienen en línea para toda su longitud y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento.

4.4.1.2 (e)

No aplica

Además, cuando la altura de un elemento en flexión es mayor que su ancho,  $d > b$ , se debe proveer soporte lateral en los puntos de apoyo para prevenir la rotación y/o desplazamiento lateral en esos puntos. Cuando se proveen esos soportes laterales en los puntos de apoyo, pero no se provee soporte lateral adicional a lo largo de la longitud del elemento, la longitud sin soporte lateral,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos extremos de apoyo, o la longitud de un elemento en voladizo. Cuando un elemento sometido a flexión tiene soporte lateral para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral en puntos intermedios así como en los extremos, la longitud sin soporte,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos intermedios donde existe soporte lateral. Por lo tanto:

$l_u =$

5.72 m

3.3.3.4 NDS

En vigas rectangulares se debe verificar que  $R_B \leq 50$ , donde 3.3.3.6 NDS

$$R_B = \sqrt{\frac{l_e d}{b^2}} \quad (3.3.-5) \text{ NDS}$$

Para determinar la longitud efectiva,  $l_e$ , se utiliza la siguiente Tabla 3.3.3 NDS

<b>Voladizo</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d \geq 7</math></i>
A. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 1.33l_u$		$l_e = 0.90l_u + 3d$
B. Carga concentrada en el extremo sin soporte	$l_e = 1.87l_u$		$l_e = 1.44l_u + 3d$
<b>Viga de una luz simple</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
C. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 2.06l_u$		$l_e = 1.63l_u + 3d$
D. Carga concentrada en el centro sin soporte lateral en el centro	$l_e = 1.80l_u$		$l_e = 1.37l_u + 3d$
E. Carga concentrada en el centro con soporte lateral en el centro		$l_e = 1.11l_u$	
F. Dos cargas concentradas iguales y soportes laterales en los tercios medios		$l_e = 1.68l_u$	
G. Tres cargas concentradas iguales y soportes laterales en los cuartos medios		$l_e = 1.54l_u$	
H. Cuatro cargas concentradas iguales y soportes laterales en los quintos medios		$l_e = 1.68l_u$	
I. Cinco cargas concentradas iguales y soportes laterales en los sextos medios		$l_e = 1.73l_u$	
J. Seis cargas concentradas iguales y soportes laterales en los séptimos medios		$l_e = 1.78l_u$	
K. Siete cargas concentradas iguales y soportes laterales en los octavos medios		$l_e = 1.84l_u$	
L. Momentos iguales en los extremos		$l_e = 1.84l_u$	
<b>M. Condiciones de carga no especificadas</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
	$l_e = 2.06l_u$	$l_e = 1.63l_u + 3d$	$l_e = 1.84l_u$

\*Para vigas de claros múltiples se decide aplicar los mismos valores de la tabla.

De acuerdo a la numeración de la tabla, el caso para este elemento es:



$l_e =$  10.37 m  
 $R_B =$  14

El factor de estabilidad lateral a flexión está dado [3.3.3.8 NDS

$$C_L = \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} - \sqrt{\left[ \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} \right]^2 - \frac{f_{bE}/f_b^*}{0.95}} \quad (3.3-6) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{bE} = \frac{1.20 E'_{min}}{R_B^2}$$

$f_b^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_V$  y  $C_L$

$f_b^* =$	<b>194</b> kg/cm <sup>2</sup>
$f_{bE} =$	<b>811</b> kg/cm <sup>2</sup>
$C_L =$	<b>0.98</b>

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a flexión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_b M'_x = \phi_b \lambda S_x f'_{bx}$$

$$S_x = \frac{I_x}{c}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$c = d/2$$

$I_x =$	<b>48234</b> cm <sup>4</sup>
$c =$	<b>18</b> cm
$S_x =$	<b>2756</b> cm <sup>3</sup>

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_b M'_x =$	<b>3137</b> kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>2096</b> kg-m	Cumple	67%
[6-2]	$\phi_b M'_x =$	<b>4183</b> kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>4010</b> kg-m	Cumple	96%
[6-3]	$\phi_b M'_x =$	<b>5228</b> kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>2232</b> kg-m	Cumple	43%
[6-4]	$\phi_b M'_x =$	<b>5228</b> kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>2283</b> kg-m	Cumple	44%

## Revisión a cortante

**Datos generales****Dimensiones**

Peralte, d:	35.0	cm
Ancho, b:	13.5	cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	3.8	cm

**Características mecánicas**

Especie de madera:	Melina
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	12.5 kg/cm <sup>2</sup>

**Fuerzas de diseño****Combinaciones de carga para el cortante último,  $V_u$ :**

[6-1] $V_u$ =	1950	kg
[6-2] $V_u$ =	2690	kg
[6-3] $V_u$ =	2085	kg
[6-4] $V_u$ =	1409	kg





## 10.2.8 Diseño de estructura soporte Aleros / Louvers

### Diseño de columna (22 cm x 8.5 cm)

#### Revisión a compresión

Datos generales	
<b>Dimensiones</b>	
Peralte, d:	22.8 cm
Ancho, b:	8.5 cm
Área, A:	193.8 cm
<b>Características mecánicas</b>	
Especie de madera:	Melina
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Esfuerzo admisible de compresión paralela al grano, $f_{c  }$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas de diseño</b>	
<b>Combinaciones de carga para la compresión última, <math>P_u</math>:</b>	
[6-1] $P_u$ =	28 kg
[6-2] $P_u$ =	24 kg
[6-3] $P_u$ =	23 kg
[6-4] $P_u$ =	23 kg
<b>Condiciones de carga</b>	
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Incisiones aplicación de tratamiento:	No

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de conversión de método, $K_f$ :	2.40	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a compresión, $\phi_c$ :	0.90	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo del factor de estabilidad lateral a compresión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_p$ , para elementos sometidos a compresión. Este depende de la razón de esbeltez,  $l_e/d$ . En caso de que la columna este soportada lateralmente en toda su altura,  $C_p = 1.0$  3.7.1.1 NDS

$K_e l = l_e$  := longitud efectiva (longitud entre puntos de inflexión) del elemento y depende de las condiciones de soporte. La razón  $l_e/d$  debe ser menor o igual a 50.

Para este caso, de acuerdo a las siguientes condiciones de apoyo se tiene:

Soporte lateral paralelo a b (Dirección x):	No
Soporte lateral paralelo a d (Dirección y):	No
Longitud libre, $l_x$ :	2.68 m
Longitud libre, $l_y$ :	2.68 m
$K_{e,x}$ :	1.0
$K_{e,y}$ :	1.0
$I_{e,x}/b =$	32 Cumple
$I_{e,y}/d =$	12 Cumple

El factor de estabilidad lateral a compresión está dado por:

$$C_p = \frac{1 + (f_{cE}/f_c^*)}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + (f_{cE}/f_c^*)}{2c}\right)^2 - \frac{(f_{cE}/f_c^*)}{c}} \quad (3.7-1) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{cE} = \frac{0.822 E'_{min}}{(l_e/d)^2}$$

$f_c^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_v$  y  $C_L$

$f_c^* =$	70	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cE1} =$	801	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cE2} =$	111	kg/cm <sup>2</sup>
$c =$	0.9	
$C_p =$	0.89	

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a compresión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_c P' =$	6503	kg	$\geq$	$P_u =$	28	kg	Cumple	0%
[6-2]	$\phi_c P' =$	8670	kg	$\geq$	$P_u =$	24	kg	Cumple	0%
[6-3]	$\phi_c P' =$	10838	kg	$\geq$	$P_u =$	23	kg	Cumple	0%
[6-4]	$\phi_c P' =$	10838	kg	$\geq$	$P_u =$	23	kg	Cumple	0%



### Revisión a flexión

#### Datos generales

##### Dimensiones

Peralte, d:	22.8	cm
Ancho, b:	8.5	cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	4	cm

##### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina	
Tipo de madera:	Latifoliada	
Tipo de elemento de madera:	Laminada	
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal	
Esfuerzo  admisible de flexión, $f_b$ :	90	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de tensión radial, $f_{t\perp}$ :	4	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	9	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano, $f_{c\perp}$ :	24	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano, $f_c$ :	54	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de  elasticidad mínimo, $E_{\min}$ :	90000	kg/cm <sup>2</sup>

#### Fuerzas de diseño

##### Combinaciones de carga para el momento último, $M_u$ :

[6-1] $M_u =$	14	kg-m
[6-2] $M_u =$	46	kg-m
[6-3] $M_u =$	24	kg-m
[6-4] $M_u =$	25	kg-m

El factor de estabilidad lateral a flexión está dado 13.3.3.8 NDS

$$C_L = \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} - \sqrt{\left[ \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} \right]^2 - \frac{f_{bE}/f_b^*}{0.95}} \quad (3.3-6) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{bE} = \frac{1.20 E'_{min}}{R_B^2}$$

$f_b^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_V$  y  $C_L$

$f_b^* =$	<b>194</b> kg/cm <sup>2</sup>
$f_{bE} =$	<b>580</b> kg/cm <sup>2</sup>
$C_L =$	<b>0.98</b>

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a flexión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_b M'_x = \phi_b \lambda S_x f'_{bx}$$

$$S_x = \frac{I_x}{c}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$c = d/2$$

$I_x =$	<b>8395</b> cm <sup>4</sup>
$c =$	<b>11</b> cm
$S_x =$	<b>736</b> cm <sup>3</sup>

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_b M'_x =$	<b>838</b> kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>14</b> kg-m	Cumple	2%
[6-2]	$\phi_b M'_x =$	<b>1118</b> kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>46</b> kg-m	Cumple	4%
[6-3]	$\phi_b M'_x =$	<b>1397</b> kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>24</b> kg-m	Cumple	2%
[6-4]	$\phi_b M'_x =$	<b>1397</b> kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>25</b> kg-m	Cumple	2%

## Diseño de vigas (19 cm x 8.5 cm)

### Revisión a flexión

Datos generales	
<b>Dimensiones</b>	
Peralte, d:	19.0 cm
Ancho, b:	8.5 cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	4 cm
<b>Características mecánicas</b>	
Especie de madera:	Melina
Tipo de madera:	Latifoliada
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de flexión, $f_b$ :	90 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de tensión radial, $f_{tL}$ :	4 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	9 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano, $f_{c\perp}$ :	24 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano, $f_c$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas de diseño</b>	
<b>Combinaciones de carga para el momento último, <math>M_u</math>:</b>	
[6-1] $M_u$ =	8 kg-m
[6-2] $M_u$ =	9 kg-m
[6-3] $M_u$ =	9 kg-m
[6-4] $M_u$ =	7 kg-m

### Condiciones de carga

Longitud entre puntos de momento cero:	2.68 m
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Sistema repetitivo:	No
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Elemento con curvatura:	No
Radio interno:	m
Incisiones aplicación de tratamiento:	No
Elemento con sección variable:	No
Ubicación del ahusado (Para sección variable):	No aplica
Ángulo del ahusado (Para sección variable):	°

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de volumen, $C_V$ :	1.00	5.3.6 NDS
Factor de uso plano; $C_{fu}$ :	1.00	4.3.7/5.3.7 NDS
Factor de curvatura, $C_c$ :	1.00	5.3.8 NDS
Factor de interacción de esfuerzos, $C_I$ :	1.00	5.3.9 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de sistema repetitivo, $C_r$ :	1.00	4.3.9 NDS
Factor de conversión de método, $K_F$ :	2.54	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.85	Tabla 2.3.6 NDS



### Cálculo del factor de estabilidad lateral a flexión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_L$ , para elementos sometidos a flexión, en caso de que estos no tengan apoyo lateral. En caso de que cualquiera de los siguientes criterios se cumpla, el elemento se considera apoyado lateralmente a flexión y  $C_L = 1.00$ ;

1.  $d \leq b$  3.3.3.1 NDS

No

2. El borde en compresión tiene soporte a lo largo de toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral y los extremos en los puntos de apoyo tienen soporte lateral para prevenir rotación 3.3.3.3 NDS

No

3. Para las vigas de madera aserrada estructural se debe proveer soporte lateral y torsional de la siguiente forma según la relación  $d/b$  3.3.3.2 NDS

Para este caso,  $d/b$  :

2.2

(a)  $d/b \leq 2$

4.4.1.2 (a)

No aplica

(b)  $2 < d/b \leq 4$ ; los extremos se mantienen en su posición entramando toda la altura, arriostrando, colgando, clavando o empernando a otros elementos, u otro medio aceptable.

4.4.1.2 (b)

No aplica

(c)  $4 < d/b \leq 5$ : el borde del miembro en compresión se mantiene en línea para toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral, por forros o elementos de piso adecuados, y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral.

4.4.1.2 (c)

No aplica

(d)  $5 < d/b \leq 6$ : además de cumplir con el requisito en (c), se arriostra y entrama en toda la altura o se arriostra con elementos diagonales cruzados a intervalos que no exceden 2.44 m.

4.4.1.2 (d)

No aplica

(e)  $6 < d/b \leq 7$ : ambos bordes del elemento se mantienen en línea para toda su longitud y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento.

4.4.1.2 (e)

No aplica

Además, cuando la altura de un elemento en flexión es mayor que su ancho,  $d > b$ , se debe proveer soporte lateral en los puntos de apoyo para prevenir la rotación y/o desplazamiento lateral en esos puntos. Cuando se proveen esos soportes laterales en los puntos de apoyo, pero no se provee soporte lateral adicional a lo largo de la longitud del elemento, la longitud sin soporte lateral,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos extremos de apoyo, o la longitud de un elemento en voladizo. Cuando un elemento sometido a flexión tiene soporte lateral para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral en puntos intermedios así como en los extremos, la longitud sin soporte,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos intermedios donde existe soporte lateral. Por lo tanto:

$l_u =$  2.46 m 3.3.3.4 NDS

En vigas rectangulares se debe verificar que  $R_B \leq 50$ , donde 3.3.3.6 NDS

$$R_B = \sqrt{\frac{l_e d}{b^2}} \quad (3.3.-5) \text{ NDS}$$

Para determinar la longitud efectiva,  $l_e$ , se utiliza la siguiente Tabla 3.3.3 NDS

<b>Voladizo</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d \geq 7</math></i>
A. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 1.33l_u$		$l_e = 0.90l_u + 3d$
B. Carga concentrada en el extremo sin soporte	$l_e = 1.87l_u$		$l_e = 1.44l_u + 3d$
<b>Viga de una luz simple</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
C. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 2.06l_u$		$l_e = 1.63l_u + 3d$
D. Carga concentrada en el centro sin soporte lateral en el centro	$l_e = 1.80l_u$		$l_e = 1.37l_u + 3d$
E. Carga concentrada en el centro con soporte lateral en el centro		$l_e = 1.11l_u$	
F. Dos cargas concentradas iguales y soportes laterales en los tercios medios		$l_e = 1.68l_u$	
G. Tres cargas concentradas iguales y soportes laterales en los cuartos medios		$l_e = 1.54l_u$	
H. Cuatro cargas concentradas iguales y soportes laterales en los quintos medios		$l_e = 1.68l_u$	
I. Cinco cargas concentradas iguales y soportes laterales en los sextos medios		$l_e = 1.73l_u$	
J. Seis cargas concentradas iguales y soportes laterales en los séptimos medios		$l_e = 1.78l_u$	
K. Siete cargas concentradas iguales y soportes laterales en los octavos medios		$l_e = 1.84l_u$	
L. Momentos iguales en los extremos		$l_e = 1.84l_u$	
<b>M. Condiciones de carga no especificadas</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
	$l_e = 2.06l_u$	$l_e = 1.63l_u + 3d$	$l_e = 1.84l_u$

\*Para vigas de claros múltiples se decide aplicar los mismos valores de la tabla.

De acuerdo a la numeración de la tabla, el caso para este elemento es:

**C**

$l_e =$  4.58 m  
 $R_B =$  11

El factor de estabilidad lateral a flexión está dado 3.3.3.8 NDS

$$C_L = \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} - \sqrt{\left[ \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} \right]^2 - \frac{f_{bE}/f_b^*}{0.95}} \quad (3.3-6) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{bE} = \frac{1.20 E'_{min}}{R_B^2}$$

$f_b^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_V$  y  $C_L$

$f_b^* =$	194	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{bE} =$	1342	kg/cm <sup>2</sup>
$C_L =$	0.99	

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a flexión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_b M'_x = \phi_b \lambda S_x f'_{bx}$$

$$S_x = \frac{I_x}{c}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$c = d/2$$

$I_x =$	4858	cm <sup>4</sup>
$c =$	10	cm
$S_x =$	511	cm <sup>3</sup>

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_b M'_x =$	591	kg-m	$\geq$	$M_u =$	8	kg-m	Cumple	1%
[6-2]	$\phi_b M'_x =$	788	kg-m	$\geq$	$M_u =$	9	kg-m	Cumple	1%
[6-3]	$\phi_b M'_x =$	985	kg-m	$\geq$	$M_u =$	9	kg-m	Cumple	1%
[6-4]	$\phi_b M'_x =$	985	kg-m	$\geq$	$M_u =$	7	kg-m	Cumple	1%

## Revisión a cortante

### Datos generales

#### Dimensiones

Peralte, d:	19.0 cm
Ancho, b:	8.5 cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	3.8 cm

#### Características mecánicas

Especie de madera:	<i>Melina</i>
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	12.5 kg/cm <sup>2</sup>

### Fuerzas de diseño

#### Combinaciones de carga para el cortante último, $V_u$ :

[6-1] $V_u$ =	15 kg
[6-2] $V_u$ =	13 kg
[6-3] $V_u$ =	14 kg
[6-4] $V_u$ =	14 kg

### Condiciones de carga

Tipo de carga temporal:	Ocupación
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Incisiones aplicación de tratamiento:	No
Elemento no prismático	No
Elemento sujeto a cargas cíclicas o de impacto	Sí
Punto de cortes o conexión	No

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de reducción de cortante, $C_{vr}$ :	0.72	5.3.10 NDS
Factor de conversión de método, $K_f$ :	2.88	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.75	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a cortante. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_v V' = \phi_v \frac{2}{3} \lambda f'_v b d$$

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_v V' =$	1256	kg	$\geq$	$V_u =$	15	kg	Cumple	1%
[6-2]	$\phi_v V' =$	1674	kg	$\geq$	$V_u =$	13	kg	Cumple	1%
[6-3]	$\phi_v V' =$	2093	kg	$\geq$	$V_u =$	14	kg	Cumple	1%
[6-4]	$\phi_v V' =$	2093	kg	$\geq$	$V_u =$	14	kg	Cumple	1%

## Diseño de Vigas de (19cm x 6 cm)

### Revisión a flexión

Datos generales	
<b>Dimensiones</b>	
Peralte, d:	19.0 cm
Ancho, b:	6.0 cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	4 cm
<b>Características mecánicas</b>	
Especie de madera:	Melina
Tipo de madera:	Latifoliada
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de flexión, $f_b$ :	90 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de tensión radial, $f_{tL}$ :	4 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	9 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano, $f_{c\perp}$ :	24 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano, $f_c$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas de diseño</b>	
<b>Combinaciones de carga para el momento último, <math>M_u</math>:</b>	
[6-1] $M_u$ =	36 kg-m
[6-2] $M_u$ =	123 kg-m
[6-3] $M_u$ =	60 kg-m
[6-4] $M_u$ =	66 kg-m

### Condiciones de carga

Longitud entre puntos de momento cero:	2.68 m
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Sistema repetitivo:	No
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Elemento con curvatura:	No
Radio interno:	m
Incisiones aplicación de tratamiento:	No
Elemento con sección variable:	No
Ubicación del ahusado (Para sección variable):	No aplica
Ángulo del ahusado (Para sección variable):	°

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de volumen, $C_V$ :	1.00	5.3.6 NDS
Factor de uso plano; $C_{fu}$ :	1.00	4.3.7/5.3.7 NDS
Factor de curvatura, $C_c$ :	1.00	5.3.8 NDS
Factor de interacción de esfuerzos, $C_I$ :	1.00	5.3.9 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de sistema repetitivo, $C_r$ :	1.00	4.3.9 NDS
Factor de conversión de método, $K_F$ :	2.54	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.85	Tabla 2.3.6 NDS



### Cálculo del factor de estabilidad lateral a flexión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_L$ , para elementos sometidos a flexión, en caso de que estos no tengan apoyo lateral. En caso de que cualquiera de los siguientes criterios se cumpla, el elemento se considera apoyado lateralmente a flexión y  $C_L = 1.00$ ;

1.  $d \leq b$  3.3.3.1 NDS

No

2. El borde en compresión tiene soporte a lo largo de toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral y los extremos en los puntos de apoyo tienen soporte lateral para prevenir rotación 3.3.3.3 NDS

No

3. Para las vigas de madera aserrada estructural se debe proveer soporte lateral y torsional de la siguiente forma según la relación  $d/b$  3.3.3.2 NDS

Para este caso,  $d/b$  :

3.2

(a)  $d/b \leq 2$

4.4.1.2 (a)

No aplica

(b)  $2 < d/b \leq 4$ ; los extremos se mantienen en su posición entramando toda la altura, arriostrando, colgando, clavando o empernando a otros elementos, u otro medio aceptable.

4.4.1.2 (b)

No aplica

(c)  $4 < d/b \leq 5$ : el borde del miembro en compresión se mantiene en línea para toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral, por forros o elementos de piso adecuados, y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral.

4.4.1.2 (c)

No aplica

(d)  $5 < d/b \leq 6$ : además de cumplir con el requisito en (c), se arriostra y entrama en toda la altura o se arriostra con elementos diagonales cruzados a intervalos que no exceden 2.44 m.

4.4.1.2 (d)

No aplica

(e)  $6 < d/b \leq 7$ : ambos bordes del elemento se mantienen en línea para toda su longitud y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento.

4.4.1.2 (e)

No aplica

Además, cuando la altura de un elemento en flexión es mayor que su ancho,  $d > b$ , se debe proveer soporte lateral en los puntos de apoyo para prevenir la rotación y/o desplazamiento lateral en esos puntos. Cuando se proveen esos soportes laterales en los puntos de apoyo, pero no se provee soporte lateral adicional a lo largo de la longitud del elemento, la longitud sin soporte lateral,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos extremos de apoyo, o la longitud de un elemento en voladizo. Cuando un elemento sometido a flexión tiene soporte lateral para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral en puntos intermedios así como en los extremos, la longitud sin soporte,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos intermedios donde existe soporte lateral. Por lo tanto:

$l_u =$  2.86 m 3.3.3.4 NDS

En vigas rectangulares se debe verificar que  $R_B \leq 50$ , donde 3.3.3.6 NDS

$$R_B = \sqrt{\frac{l_e d}{b^2}} \quad (3.3.-5) \text{ NDS}$$

Para determinar la longitud efectiva,  $l_e$ , se utiliza la siguiente Tabla 3.3.3 NDS

<b>Voladizo</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d \geq 7</math></i>
A. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 1.33l_u$		$l_e = 0.90l_u + 3d$
B. Carga concentrada en el extremo sin soporte	$l_e = 1.87l_u$		$l_e = 1.44l_u + 3d$
<b>Viga de una luz simple</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
C. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 2.06l_u$		$l_e = 1.63l_u + 3d$
D. Carga concentrada en el centro sin soporte lateral en el centro	$l_e = 1.80l_u$		$l_e = 1.37l_u + 3d$
E. Carga concentrada en el centro con soporte lateral en el centro		$l_e = 1.11l_u$	
F. Dos cargas concentradas iguales y soportes laterales en los tercios medios		$l_e = 1.68l_u$	
G. Tres cargas concentradas iguales y soportes laterales en los cuartos medios		$l_e = 1.54l_u$	
H. Cuatro cargas concentradas iguales y soportes laterales en los quintos medios		$l_e = 1.68l_u$	
I. Cinco cargas concentradas iguales y soportes laterales en los sextos medios		$l_e = 1.73l_u$	
J. Seis cargas concentradas iguales y soportes laterales en los séptimos medios		$l_e = 1.78l_u$	
K. Siete cargas concentradas iguales y soportes laterales en los octavos medios		$l_e = 1.84l_u$	
L. Momentos iguales en los extremos		$l_e = 1.84l_u$	
<b>M. Condiciones de carga no especificadas</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
	$l_e = 2.06l_u$	$l_e = 1.63l_u + 3d$	$l_e = 1.84l_u$

\*Para vigas de claros múltiples se decide aplicar los mismos valores de la tabla.

De acuerdo a la numeración de la tabla, el caso para este elemento es:



$l_e =$   m  
 $R_B =$

El factor de estabilidad lateral a flexión está dado 3.3.3.8 NDS

$$C_L = \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} - \sqrt{\left[ \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} \right]^2 - \frac{f_{bE}/f_b^*}{0.95}} \quad (3.3-6) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{bE} = \frac{1.20 E'_{min}}{R_B^2}$$

$f_b^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_V$  y  $C_L$

$f_b^* =$	194	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{bE} =$	585	kg/cm <sup>2</sup>
$C_L =$	0.98	

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a flexión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_b M'_x = \phi_b \lambda S_x f'_{bx}$$

$$S_x = \frac{I_x}{c}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$c = d/2$$

$I_x =$	3430	cm <sup>4</sup>
$c =$	10	cm
$S_x =$	361	cm <sup>3</sup>

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_b M'_x =$	411	kg-m	$\geq$	$M_u =$	36	kg-m	Cumple	9%
[6-2]	$\phi_b M'_x =$	548	kg-m	$\geq$	$M_u =$	123	kg-m	Cumple	23%
[6-3]	$\phi_b M'_x =$	685	kg-m	$\geq$	$M_u =$	60	kg-m	Cumple	9%
[6-4]	$\phi_b M'_x =$	685	kg-m	$\geq$	$M_u =$	66	kg-m	Cumple	10%

## Revisión a cortante

### Datos generales

#### Dimensiones

Peralte, d:	19.0 cm
Ancho, b:	6.0 cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	3.8 cm

#### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	12.5 kg/cm <sup>2</sup>

### Fuerzas de diseño

#### Combinaciones de carga para el cortante último, $V_u$ :

[6-1] $V_u$ =	71 kg
[6-2] $V_u$ =	248 kg
[6-3] $V_u$ =	121 kg
[6-4] $V_u$ =	135 kg

### Condiciones de carga

Tipo de carga temporal:

Contenido de humedad:

Condición de temperatura:

Incisiones aplicación de tratamiento:

Elemento no prismático

Elemento sujeto a cargas cíclicas o de impacto

Punto de cortes o conexión

Ocupación

<16%

T<38°C

No

No

Sí

No

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad,  $C_M$ :

1.00

Tabla 4A/5A Suplemento NDS

Factor de ajuste por temperatura,  $C_t$ :

1.00

Tabla 2.3.3 NDS

Factor de incisión,  $C_i$ :

1.00

Tabla 4.3.8 NDS

Factor de reducción de cortante,  $C_{vr}$ :

0.72

5.3.10 NDS

Factor de conversión de método,  $K_f$ :

2.88

Tabla 2.3.5 NDS

Factor de reducción de resistencia a flexión,  $\phi_b$ :

0.75

Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a cortante. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_v V' = \phi_v \frac{2}{3} \lambda f'_v b d$$

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$  4.3.16 NDS

$\lambda = 0.8$  4.3.16 NDS

$\lambda = 1.0$  4.3.16 NDS

$\lambda = 1.0$  4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_v V' =$	886	kg	$\geq$	$V_u =$	71	kg	Cumple	8%
[6-2]	$\phi_v V' =$	1182	kg	$\geq$	$V_u =$	248	kg	Cumple	21%
[6-3]	$\phi_v V' =$	1477	kg	$\geq$	$V_u =$	121	kg	Cumple	8%
[6-4]	$\phi_v V' =$	1477	kg	$\geq$	$V_u =$	135	kg	Cumple	9%

## 10.2.9 Diseño de estructura de balcones

Viga diagonal de (8.5 cm x 19 cm)

Revisión a compresión

Datos generales	
<b>Dimensiones</b>	
Peralte, d:	19.0 cm
Ancho, b:	8.5 cm
Área, A:	161.5 cm
<b>Características mecánicas</b>	
Especie de madera:	Melina
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Esfuerzo admisible de compresión paralela al grano, $f_{c  }$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas de diseño</b>	
<b>Combinaciones de carga para la compresión última, <math>P_u</math>:</b>	
[6-1] $P_u$ =	1168 kg
[6-2] $P_u$ =	5062 kg
[6-3] $P_u$ =	4682 kg
[6-4] $P_u$ =	1508 kg
<b>Condiciones de carga</b>	
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Incisiones aplicación de tratamiento:	No

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de conversión de método, $K_f$ :	2.40	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a compresión, $\phi_c$ :	0.90	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo del factor de estabilidad lateral a compresión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_p$ , para elementos sometidos a compresión. Este depende de la razón de esbeltez,  $l_e/d$ . En caso de que la columna este soportada lateralmente en toda su altura,  $C_p = 1.0$  3.7.1.1 NDS

$K_e l = l_e$  := longitud efectiva (longitud entre puntos de inflexión) del elemento y depende de las condiciones de soporte. La razón  $l_e/d$  debe ser menor o igual a 50.

Para este caso, de acuerdo a las siguientes condiciones de apoyo se tiene:

Soporte lateral paralelo a b (Dirección x):	No
Soporte lateral paralelo a d (Dirección y):	No
Longitud libre, $l_x$ :	2.65 m
Longitud libre, $l_y$ :	2.65 m
$K_{e,x}$ :	1.0
$K_{e,y}$ :	1.0
$I_{e,x}/b =$	31 Cumple
$I_{e,y}/d =$	14 Cumple

El factor de estabilidad lateral a compresión está dado por:

$$C_p = \frac{1 + (f_{cE}/f_c^*)}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + (f_{cE}/f_c^*)}{2c}\right)^2 - \frac{(f_{cE}/f_c^*)}{c}} \quad (3.7-1) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{cE} = \frac{0.822 E'_{min}}{(l_e/d)^2}$$

$f_c^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_v$  y  $C_L$

$f_c^* =$	70	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cE1} =$	569	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cE2} =$	114	kg/cm <sup>2</sup>
$c =$	0.9	
$C_p =$	0.89	



### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a compresión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_c P' =$	5443	kg	$\geq$	$P_u =$	1168	kg	Cumple	21%
[6-2]	$\phi_c P' =$	7257	kg	$\geq$	$P_u =$	5062	kg	Cumple	70%
[6-3]	$\phi_c P' =$	9072	kg	$\geq$	$P_u =$	4682	kg	Cumple	52%
[6-4]	$\phi_c P' =$	9072	kg	$\geq$	$P_u =$	1508	kg	Cumple	17%

### Revisión a flexión

#### Datos generales

##### Dimensiones

Peralte, d:	19.0	cm
Ancho, b:	8.5	cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	4	cm

##### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina
Tipo de madera:	Latifoliada
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de flexión, $f_b$ :	90 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de tensión radial, $f_{t\perp}$ :	4 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	9 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano, $f_{c\perp}$ :	24 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano, $f_c$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{\min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>

#### Fuerzas de diseño

##### Combinaciones de carga para el momento último, $M_u$ :

[6-1] $M_u =$	11	kg-m
[6-2] $M_u =$	41	kg-m
[6-3] $M_u =$	38	kg-m
[6-4] $M_u =$	13	kg-m

### Condiciones de carga

Longitud entre puntos de momento cero:	2.68 m
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Sistema repetitivo:	No
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Elemento con curvatura:	No
Radio interno:	m
Incisiones aplicación de tratamiento:	No
Elemento con sección variable:	No
Ubicación del ahusado (Para sección variable):	No aplica
Ángulo del ahusado (Para sección variable):	°

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de volumen, $C_V$ :	1.00	5.3.6 NDS
Factor de uso plano; $C_{fu}$ :	1.00	4.3.7/5.3.7 NDS
Factor de curvatura, $C_c$ :	1.00	5.3.8 NDS
Factor de interacción de esfuerzos, $C_I$ :	1.00	5.3.9 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de sistema repetitivo, $C_r$ :	1.00	4.3.9 NDS
Factor de conversión de método, $K_F$ :	2.54	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.85	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo del factor de estabilidad lateral a flexión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_L$ , para elementos sometidos a flexión, en caso de que estos no tengan apoyo lateral. En caso de que cualquiera de los siguientes criterios se cumpla, el elemento se considera apoyado lateralmente a flexión y  $C_L = 1.00$ ;

1.  $d \leq b$  3.3.3.1 NDS

No

2. El borde en compresión tiene soporte a lo largo de toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral y los extremos en los puntos de apoyo tienen soporte lateral para prevenir rotación 3.3.3.3 NDS

No

3. Para las vigas de madera aserrada estructural se debe proveer soporte lateral y torsional de la siguiente forma según la relación  $d/b$  3.3.3.2 NDS

Para este caso,  $d/b$  :

2.2

(a)  $d/b \leq 2$

4.4.1.2 (a)

No aplica

(b)  $2 < d/b \leq 4$ ; los extremos se mantienen en su posición entramando toda la altura, arriostrando, colgando, clavando o empernando a otros elementos, u otro medio aceptable.

4.4.1.2 (b)

No aplica

(c)  $4 < d/b \leq 5$ : el borde del miembro en compresión se mantiene en línea para toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral, por forros o elementos de piso adecuados, y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral.

4.4.1.2 (c)

No aplica

(d)  $5 < d/b \leq 6$ : además de cumplir con el requisito en (c), se arriostra y entrama en toda la altura o se arriostra con elementos diagonales cruzados a intervalos que no exceden 2.44 m.

4.4.1.2 (d)

No aplica

(e)  $6 < d/b \leq 7$ : ambos bordes del elemento se mantienen en línea para toda su longitud y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento.

4.4.1.2 (e)

No aplica

Además, cuando la altura de un elemento en flexión es mayor que su ancho,  $d > b$ , se debe proveer soporte lateral en los puntos de apoyo para prevenir la rotación y/o desplazamiento lateral en esos puntos. Cuando se proveen esos soportes laterales en los puntos de apoyo, pero no se provee soporte lateral adicional a lo largo de la longitud del elemento, la longitud sin soporte lateral,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos extremos de apoyo, o la longitud de un elemento en voladizo. Cuando un elemento sometido a flexión tiene soporte lateral para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral en puntos intermedios así como en los extremos, la longitud sin soporte,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos intermedios donde existe soporte lateral. Por lo tanto:

$l_u =$  5.00 m 3.3.3.4 NDS

En vigas rectangulares se debe verificar que  $R_B \leq 50$ , donde 3.3.3.6 NDS

$$R_B = \sqrt{\frac{l_e d}{b^2}} \quad (3.3.-5) \text{ NDS}$$

Para determinar la longitud efectiva,  $l_e$ , se utiliza la siguiente Tabla 3.3.3 NDS

<b>Voladizo</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d \geq 7</math></i>
A. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 1.33l_u$		$l_e = 0.90l_u + 3d$
B. Carga concentrada en el extremo sin soporte	$l_e = 1.87l_u$		$l_e = 1.44l_u + 3d$
<b>Viga de una luz simple</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
C. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 2.06l_u$		$l_e = 1.63l_u + 3d$
D. Carga concentrada en el centro sin soporte lateral en el centro	$l_e = 1.80l_u$		$l_e = 1.37l_u + 3d$
E. Carga concentrada en el centro con soporte lateral en el centro		$l_e = 1.11l_u$	
F. Dos cargas concentradas iguales y soportes laterales en los tercios medios		$l_e = 1.68l_u$	
G. Tres cargas concentradas iguales y soportes laterales en los cuartos medios		$l_e = 1.54l_u$	
H. Cuatro cargas concentradas iguales y soportes laterales en los quintos medios		$l_e = 1.68l_u$	
I. Cinco cargas concentradas iguales y soportes laterales en los sextos medios		$l_e = 1.73l_u$	
J. Seis cargas concentradas iguales y soportes laterales en los séptimos medios		$l_e = 1.78l_u$	
K. Siete cargas concentradas iguales y soportes laterales en los octavos medios		$l_e = 1.84l_u$	
L. Momentos iguales en los extremos		$l_e = 1.84l_u$	
<b>M. Condiciones de carga no especificadas</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
	$l_e = 2.06l_u$	$l_e = 1.63l_u + 3d$	$l_e = 1.84l_u$

\*Para vigas de claros múltiples se decide aplicar los mismos valores de la tabla.

De acuerdo a la numeración de la tabla, el caso para este elemento es:

**C**

$l_e =$  8.72 m  
 $R_B =$  15

El factor de estabilidad lateral a flexión está dado 13.3.3.8 NDS

$$C_L = \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} - \sqrt{\left[ \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} \right]^2 - \frac{f_{bE}/f_b^*}{0.95}} \quad (3.3-6) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{bE} = \frac{1.20 E'_{min}}{R_B^2}$$

$f_b^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_V$  y  $C_L$

$f_b^* =$	194 kg/cm <sup>2</sup>
$f_{bE} =$	705 kg/cm <sup>2</sup>
$C_L =$	0.98

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a flexión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_b M'_x = \phi_b \lambda S_x f'_{bx}$$

$$S_x = \frac{I_x}{c}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$c = d/2$$

$I_x =$	4858 cm <sup>4</sup>
$c =$	10 cm
$S_x =$	511 cm <sup>3</sup>

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$$\lambda = 0.6 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 0.8 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 1.0 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 1.0 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

[6-1]	$\phi_b M'_x =$	585 kg-m	$\geq$	$M_u =$	11 kg-m	Cumple	2%
[6-2]	$\phi_b M'_x =$	780 kg-m	$\geq$	$M_u =$	41 kg-m	Cumple	5%
[6-3]	$\phi_b M'_x =$	976 kg-m	$\geq$	$M_u =$	38 kg-m	Cumple	4%
[6-4]	$\phi_b M'_x =$	976 kg-m	$\geq$	$M_u =$	13 kg-m	Cumple	1%

## Revisión a cortante

### Datos generales

#### Dimensiones

Peralte, d:	19.0	cm
Ancho, b:	8.5	cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	3.8	cm

#### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	12.5 kg/cm <sup>2</sup>

### Fuerzas de diseño

#### Combinaciones de carga para el cortante último, $V_u$ :

[6-1] $V_u$ =	10	kg
[6-2] $V_u$ =	21	kg
[6-3] $V_u$ =	20	kg
[6-4] $V_u$ =	10	kg

Condiciones de carga	
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Incisiones aplicación de tratamiento:	No
Elemento no prismático	No
Elemento sujeto a cargas cíclicas o de impacto	Sí
Punto de cortes o conexión	No

Factores de ajuste	
Factor de ajuste por contenido de humedad, C <sub>M</sub> :	1.00 Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, C <sub>t</sub> :	1.00 Tabla 2.3.3 NDS
Factor de incisión, C <sub>i</sub> :	1.00 Tabla 4.3.8 NDS
Factor de reducción de cortante, C <sub>vr</sub> :	0.72 5.3.10 NDS
Factor de conversión de método, K <sub>f</sub> :	2.88 Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, φ <sub>b</sub> :	0.75 Tabla 2.3.6 NDS

Cálculo de capacidad	
Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a cortante. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:	
$\phi_v V' = \phi_v \frac{2}{3} \lambda f'_v b d$	
El factor de duración de carga, λ, cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:	
λ = 0.6	4.3.16 NDS
λ = 0.8	4.3.16 NDS
λ = 1.0	4.3.16 NDS
λ = 1.0	4.3.16 NDS

[6-1]	φ <sub>v</sub> V' =	1256	kg	≥	V <sub>u</sub> =	10	kg	Cumple	1%
[6-2]	φ <sub>v</sub> V' =	1674	kg	≥	V <sub>u</sub> =	21	kg	Cumple	1%
[6-3]	φ <sub>v</sub> V' =	2093	kg	≥	V <sub>u</sub> =	20	kg	Cumple	1%
[6-4]	φ <sub>v</sub> V' =	2093	kg	≥	V <sub>u</sub> =	10	kg	Cumple	0%



## Viga de (8.5 cm x 19 cm)

### Revisión a flexión

#### Datos generales

##### Dimensiones

Peralte, d:	19.0	cm
Ancho, b:	8.5	cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	4	cm

##### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina
Tipo de madera:	Latifoliada
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de flexión, $f_b$ :	90 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de tensión radial, $f_{tL}$ :	4 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	9 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano, $f_{c\perp}$ :	24 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano, $f_c$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{\min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>

#### Fuerzas de diseño

##### Combinaciones de carga para el momento último, $M_u$ :

[6-1] $M_u$ =	140	kg-m
[6-2] $M_u$ =	637	kg-m
[6-3] $M_u$ =	588	kg-m
[6-4] $M_u$ =	185	kg-m

### Condiciones de carga

Longitud entre puntos de momento cero:	3.75 m
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Sistema repetitivo:	No
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Elemento con curvatura:	No
Radio interno:	m
Incisiones aplicación de tratamiento:	No
Elemento con sección variable:	No
Ubicación del ahusado (Para sección variable):	No aplica
Ángulo del ahusado (Para sección variable):	°

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de volumen, $C_V$ :	1.00	5.3.6 NDS
Factor de uso plano; $C_{fu}$ :	1.00	4.3.7/5.3.7 NDS
Factor de curvatura, $C_c$ :	1.00	5.3.8 NDS
Factor de interacción de esfuerzos, $C_I$ :	1.00	5.3.9 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de sistema repetitivo, $C_r$ :	1.00	4.3.9 NDS
Factor de conversión de método, $K_F$ :	2.54	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.85	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo del factor de estabilidad lateral a flexión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_L$ , para elementos sometidos a flexión, en caso de que estos no tengan apoyo lateral. En caso de que cualquiera de los siguientes criterios se cumpla, el elemento se considera apoyado lateralmente a flexión y  $C_L = 1.00$ ;

1.  $d \leq b$  3.3.3.1 NDS

No

2. El borde en compresión tiene soporte a lo largo de toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral y los extremos en los puntos de apoyo tienen soporte lateral para prevenir rotación 3.3.3.3 NDS

No

3. Para las vigas de madera aserrada estructural se debe proveer soporte lateral y torsional de la siguiente forma según la relación  $d/b$  3.3.3.2 NDS

Para este caso,  $d/b$  :

2.2

(a)  $d/b \leq 2$

4.4.1.2 (a)

No aplica

(b)  $2 < d/b \leq 4$ ; los extremos se mantienen en su posición entramando toda la altura, arriostrando, colgando, clavando o empernando a otros elementos, u otro medio aceptable.

4.4.1.2 (b)

No aplica

(c)  $4 < d/b \leq 5$ : el borde del miembro en compresión se mantiene en línea para toda su longitud para prevenir desplazamiento lateral, por forros o elementos de piso adecuados, y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral.

4.4.1.2 (c)

No aplica

(d)  $5 < d/b \leq 6$ : además de cumplir con el requisito en (c), se arriostra y entrama en toda la altura o se arriostra con elementos diagonales cruzados a intervalos que no exceden 2.44 m.

4.4.1.2 (d)

No aplica

(e)  $6 < d/b \leq 7$ : ambos bordes del elemento se mantienen en línea para toda su longitud y los extremos en los puntos de apoyo se mantienen en posición para prevenir rotación y/o desplazamiento.

4.4.1.2 (e)

No aplica

Además, cuando la altura de un elemento en flexión es mayor que su ancho,  $d > b$ , se debe proveer soporte lateral en los puntos de apoyo para prevenir la rotación y/o desplazamiento lateral en esos puntos. Cuando se proveen esos soportes laterales en los puntos de apoyo, pero no se provee soporte lateral adicional a lo largo de la longitud del elemento, la longitud sin soporte lateral,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos extremos de apoyo, o la longitud de un elemento en voladizo. Cuando un elemento sometido a flexión tiene soporte lateral para prevenir rotación y/o desplazamiento lateral en puntos intermedios así como en los extremos, la longitud sin soporte,  $l_u$ , es la distancia entre esos puntos intermedios donde existe soporte lateral. Por lo tanto:

$l_u =$

3.75 m

3.3.3.4 NDS

En vigas rectangulares se debe verificar que  $R_B \leq 50$ , donde 3.3.3.6 NDS

$$R_B = \sqrt{\frac{l_e d}{b^2}} \quad (3.3.-5) \text{ NDS}$$

Para determinar la longitud efectiva,  $l_e$ , se utiliza la siguiente Tabla 3.3.3 NDS

<b>Voladizo</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d \geq 7</math></i>
A. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 1.33l_u$		$l_e = 0.90l_u + 3d$
B. Carga concentrada en el extremo sin soporte	$l_e = 1.87l_u$		$l_e = 1.44l_u + 3d$
<b>Viga de una luz simple</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
C. Carga uniformemente distribuida	$l_e = 2.06l_u$		$l_e = 1.63l_u + 3d$
D. Carga concentrada en el centro sin soporte lateral en el centro	$l_e = 1.80l_u$		$l_e = 1.37l_u + 3d$
E. Carga concentrada en el centro con soporte lateral en el centro		$l_e = 1.11l_u$	
F. Dos cargas concentradas iguales y soportes laterales en los tercios medios		$l_e = 1.68l_u$	
G. Tres cargas concentradas iguales y soportes laterales en los cuartos medios		$l_e = 1.54l_u$	
H. Cuatro cargas concentradas iguales y soportes laterales en los quintos medios		$l_e = 1.68l_u$	
I. Cinco cargas concentradas iguales y soportes laterales en los sextos medios		$l_e = 1.73l_u$	
J. Seis cargas concentradas iguales y soportes laterales en los séptimos medios		$l_e = 1.78l_u$	
K. Siete cargas concentradas iguales y soportes laterales en los octavos medios		$l_e = 1.84l_u$	
L. Momentos iguales en los extremos		$l_e = 1.84l_u$	
<b>M. Condiciones de carga no especificadas</b>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>	<i>Cuando <math>l_u/d &lt; 7</math></i>
	$l_e = 2.06l_u$	$l_e = 1.63l_u + 3d$	$l_e = 1.84l_u$

\*Para vigas de claros múltiples se decide aplicar los mismos valores de la tabla.

De acuerdo a la numeración de la tabla, el caso para este elemento es:

**C**

$l_e =$ 

6.68
------

 m

$R_B =$ 

13
----

El factor de estabilidad lateral a flexión está dado §3.3.3.8 NDS

$$C_L = \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} - \sqrt{\left[ \frac{1 + f_{bE}/f_b^*}{1.9} \right]^2 - \frac{f_{bE}/f_b^*}{0.95}} \quad (3.3-6) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{bE} = \frac{1.20 E'_{min}}{R_B^2}$$

$f_b^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_V$  y  $C_L$

$f_b^* =$	194	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{bE} =$	919	kg/cm <sup>2</sup>
$C_L =$	0.99	

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a flexión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_b M'_x = \phi_b \lambda S_x f'_{bx}$$

$$S_x = \frac{I_x}{c}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$c = d/2$$

$I_x =$	4858	cm <sup>4</sup>
$c =$	10	cm
$S_x =$	511	cm <sup>3</sup>

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_b M'_x =$	588	kg-m	$\geq$	$M_u =$	140	kg-m	Cumple	24%
[6-2]	$\phi_b M'_x =$	785	kg-m	$\geq$	$M_u =$	637	kg-m	Cumple	81%
[6-3]	$\phi_b M'_x =$	981	kg-m	$\geq$	$M_u =$	588	kg-m	Cumple	60%
[6-4]	$\phi_b M'_x =$	981	kg-m	$\geq$	$M_u =$	185	kg-m	Cumple	19%

## Revisión a cortante

### Datos generales

#### Dimensiones

Peralte, d:	19.0 cm
Ancho, b:	8.5 cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	3.8 cm

#### Características mecánicas

Especie de madera:	<i>Melina</i>
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	12.5 kg/cm <sup>2</sup>

### Fuerzas de diseño

#### Combinaciones de carga para el cortante último, $V_u$ :

[6-1] $V_u$ =	222 kg
[6-2] $V_u$ =	1007 kg
[6-3] $V_u$ =	930 kg
[6-4] $V_u$ =	292 kg





## Columna (8.5 cm x 22 cm)

### Datos generales

#### Dimensiones

Peralte, d:	22.8	cm
Ancho, b:	8.5	cm
Área, A:	193.8	cm

#### Características mecánicas

Especie de madera:	Melina
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Esfuerzo admisible de compresión paralela al grano, $f_{c  }$ :	54 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad mínimo, $E_{\min}$ :	90000 kg/cm <sup>2</sup>

### Fuerzas de diseño

#### Combinaciones de carga para la compresión última, $P_u$ :

[6-1] $P_u$ =	520	kg
[6-2] $P_u$ =	2235	kg
[6-3] $P_u$ =	2060	kg
[6-4] $P_u$ =	680	kg

### Condiciones de carga

Tipo de carga temporal:	Ocupación
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Incisiones aplicación de tratamiento:	No

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de conversión de método, $K_f$ :	2.40	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a compresión, $\phi_c$ :	0.90	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo del factor de estabilidad lateral a compresión

Se debe considerar un factor de estabilidad lateral,  $C_p$ , para elementos sometidos a compresión. Este depende de la razón de esbeltez,  $l_e/d$ . En caso de que la columna este soportada lateralmente en toda su altura,  $C_p = 1.0$  3.7.1.1 NDS

$K_e l = l_e$  := longitud efectiva (longitud entre puntos de inflexión) del elemento y depende de las condiciones de soporte. La razón  $l_e/d$  debe ser menor o igual a 50.

Para este caso, de acuerdo a las siguientes condiciones de apoyo se tiene:

Soporte lateral paralelo a b (Dirección x):	No
Soporte lateral paralelo a d (Dirección y):	No
Longitud libre, $l_x$ :	2.65 m
Longitud libre, $l_y$ :	2.65 m
$K_{e,x}$ :	1.0
$K_{e,y}$ :	1.0
$I_{e,x}/b =$	31 Cumple
$I_{e,y}/d =$	12 Cumple

El factor de estabilidad lateral a compresión está dado por:

$$C_p = \frac{1 + (f_{cE}/f_c^*)}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + (f_{cE}/f_c^*)}{2c}\right)^2 - \frac{(f_{cE}/f_c^*)}{c}} \quad (3.7-1) \text{ NDS}$$

Con,

$$f_{cE} = \frac{0.822 E'_{min}}{(l_e/d)^2}$$

$f_c^*$  es el esfuerzo admisible de flexión multiplicado por todos los factores menos  $C_{fu}$ ,  $C_V$  y  $C_L$

$f_c^* =$	70	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cE1} =$	819	kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cE2} =$	114	kg/cm <sup>2</sup>
$c =$	0.9	
$C_p =$	0.89	

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a compresión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_c P' =$	6532	kg	$\geq$	$P_u =$	520	kg	Cumple	8%
[6-2]	$\phi_c P' =$	8709	kg	$\geq$	$P_u =$	2235	kg	Cumple	26%
[6-3]	$\phi_c P' =$	10886	kg	$\geq$	$P_u =$	2060	kg	Cumple	19%
[6-4]	$\phi_c P' =$	10886	kg	$\geq$	$P_u =$	680	kg	Cumple	6%

### Revisión a flexión

#### Datos generales

##### Dimensiones

Peralte, d:	22.8	cm
Ancho, b:	8.5	cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	4	cm

##### Características mecánicas

Especie de madera:

Tipo de madera:

Tipo de elemento de madera:

Dirección de laminaciones (Para madera laminada):

Esfuerzo admisible de flexión,  $f_b$ :

Esfuerzo admisible de tensión radial,  $f_{t\perp}$ :

Esfuerzo admisible de cortante:  $f_v$ :

Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano,  $f_{c\perp}$ :

Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano,  $f_c$ :

Módulo de elasticidad mínimo,  $E_{min}$ :

Melina

Latifoliada	
Laminada	
Horizontal	
90	kg/cm <sup>2</sup>
4	kg/cm <sup>2</sup>
9	kg/cm <sup>2</sup>
24	kg/cm <sup>2</sup>
54	kg/cm <sup>2</sup>
90000	kg/cm <sup>2</sup>

#### Fuerzas de diseño

##### Combinaciones de carga para el momento último, $M_u$ :

[6-1] $M_u =$	46	kg-m
[6-2] $M_u =$	217	kg-m
[6-3] $M_u =$	200	kg-m
[6-4] $M_u =$	62	kg-m

### Condiciones de carga

Longitud entre puntos de momento cero:	2.68 m
Tipo de carga temporal:	Ocupación
Sistema repetitivo:	No
Contenido de humedad:	<16%
Condición de temperatura:	T<38°C
Elemento con curvatura:	No
Radio interno:	m
Incisiones aplicación de tratamiento:	No
Elemento con sección variable:	No
Ubicación del ahusado (Para sección variable):	No aplica
Ángulo del ahusado (Para sección variable):	°

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de tamaño, $C_F$ :	1.00	4.3.6 NDS
Factor de volumen, $C_V$ :	1.00	5.3.6 NDS
Factor de uso plano; $C_{fu}$ :	1.00	4.3.7/5.3.7 NDS
Factor de curvatura, $C_c$ :	1.00	5.3.8 NDS
Factor de interacción de esfuerzos, $C_I$ :	1.00	5.3.9 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de sistema repetitivo, $C_r$ :	1.00	4.3.9 NDS
Factor de conversión de método, $K_F$ :	2.54	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.85	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a flexión. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_b M'_x = \phi_b \lambda S_x f'_{bx}$$

$$S_x = \frac{I_x}{c}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$c = d/2$$

$$I_x = \boxed{8395} \text{ cm}^4$$

$$c = \boxed{11} \text{ cm}$$

$$S_x = \boxed{736} \text{ cm}^3$$

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$$\lambda = 0.6 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 0.8 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 1.0 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

$$\lambda = 1.0 \quad 4.3.16 \text{ NDS}$$

[6-1]	$\phi_b M'_x =$	<b>838</b>	kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>46</b>	kg-m	Cumple	5%
[6-2]	$\phi_b M'_x =$	<b>1118</b>	kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>217</b>	kg-m	Cumple	19%
[6-3]	$\phi_b M'_x =$	<b>1397</b>	kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>200</b>	kg-m	Cumple	14%
[6-4]	$\phi_b M'_x =$	<b>1397</b>	kg-m	$\geq$	$M_u =$	<b>62</b>	kg-m	Cumple	4%

## Revisión a cortante

<b>Datos generales</b>	
<b>Dimensiones</b>	
Peralte, d:	22.8 cm
Ancho, b:	8.5 cm
Espesor de láminas (Para madera laminada):	3.8 cm
<b>Características mecánicas</b>	
Especie de madera:	<i>Melina</i>
Tipo de elemento de madera:	Laminada
Dirección de laminaciones (Para madera laminada):	Horizontal
Esfuerzo admisible de cortante: $f_v$ :	12.5 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas de diseño</b>	
<b>Combinaciones de carga para el cortante último, <math>V_u</math>:</b>	
[6-1] $V_u$ =	32 kg
[6-2] $V_u$ =	154 kg
[6-3] $V_u$ =	142 kg
[6-4] $V_u$ =	44 kg

### Condiciones de carga

Tipo de carga temporal:  
 Contenido de humedad:  
 Condición de temperatura:  
 Incisiones aplicación de tratamiento:  
 Elemento no prismático  
 Elemento sujeto a cargas cíclicas o de impacto  
 Punto de cortes o conexión

Ocupación
<16%
T<38°C
No
No
Sí
No

### Factores de ajuste

Factor de ajuste por contenido de humedad, $C_M$ :	1.00	Tabla 4A/5A Suplemento NDS
Factor de ajuste por temperatura, $C_t$ :	1.00	Tabla 2.3.3 NDS
Factor de incisión, $C_i$ :	1.00	Tabla 4.3.8 NDS
Factor de reducción de cortante, $C_{vr}$ :	0.72	5.3.10 NDS
Factor de conversión de método, $K_f$ :	2.88	Tabla 2.3.5 NDS
Factor de reducción de resistencia a flexión, $\phi_b$ :	0.75	Tabla 2.3.6 NDS

### Cálculo de capacidad

Habiendo calculado los factores de ajuste respectivos, se procede a calcular la capacidad del elemento a cortante. Se calcula la capacidad de la sección de la siguiente manera:

$$\phi_v V' = \phi_v \frac{2}{3} \lambda f'_v b d$$

El factor de duración de carga,  $\lambda$ , cambia para cada combinación de carga, por lo que se calcula una capacidad diferente para cada una:

$\lambda = 0.6$	4.3.16 NDS
$\lambda = 0.8$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS
$\lambda = 1.0$	4.3.16 NDS

[6-1]	$\phi_v V' =$	1507	kg	$\geq$	$V_u =$	32	kg	Cumple	2%
[6-2]	$\phi_v V' =$	2009	kg	$\geq$	$V_u =$	154	kg	Cumple	8%
[6-3]	$\phi_v V' =$	2512	kg	$\geq$	$V_u =$	142	kg	Cumple	6%
[6-4]	$\phi_v V' =$	2512	kg	$\geq$	$V_u =$	44	kg	Cumple	2%

### 10.3 Utilización de paneles fotovoltaicos para captar energía solar, provocar sombra sobre el edificio y reducir el consumo de energía eléctrica

De acuerdo al análisis realizado por consumo eléctrico por apartamento y de áreas sociales del edificio, habíamos obtenido un estimado del consumo eléctrico total mensual de **35,219.42 kwh/mes** que equivale a un valor en colones de **¢ 3, 799,044.47** (tres millones setecientos noventa y nueve mil cuarenta y cuatro colones con cuarenta y siete céntimos).

Con el fin de implementar el sistema fotovoltaico en el proyecto, se contacta a la empresa Smart power, y en colaboración con el Ingeniero Eléctrico Randy Araya (Ingeniero de la empresa) y el Ingeniero eléctrico Heiner Sanabria, se plantea la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red, evitando así el uso de baterías, **en donde se proyecta un ahorro máximo de un 60%**, con una recuperación de inversión de 3 años, asumiendo un incremento anual del 4% de la tarifa eléctrica.

El sistema sugerido por la empresa, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 65. Propuesta y cotización del sistema fotovoltaico propuesto por la empresa Smart Power

CANT.	DESCRIPCIÓN
450	Módulo solar 370Wp <b>Modelo TRINA SOALR</b>
3	Inversor AC/DC 3 FASES 480V 30kW <b>Modelo SMA</b>
1	Paquete materiales para el sistema de montaje, conectores y cable eléctrico
1	Instalación, supervisión y puesta en servicio del sistema fotovoltaico
1	Ingeniería de diseño, trámites CFIA y permisos de interconexión con CNFL
<b>Costo \$ 141,696.00</b>	



Al implementar el sistema, la empresa proyecta la siguiente producción de energía:

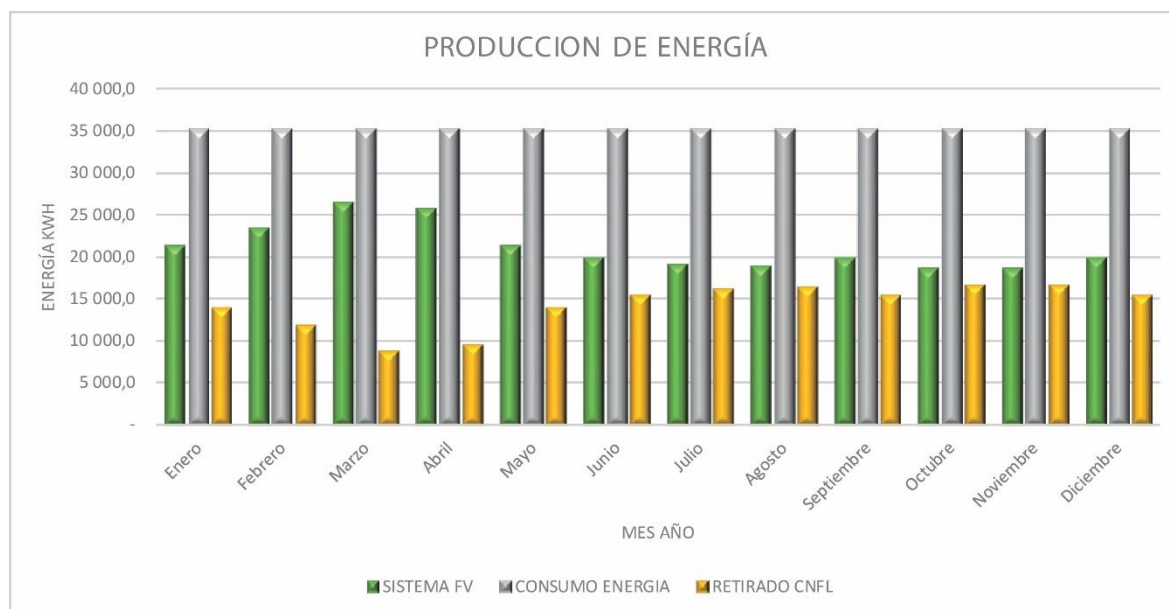


Figura 62. Gráfico de producción de energía generada por sistema de paneles fotovoltaicos. Fuente: Empresa Smart Power

Al obtener la producción de energía indicada en el grafico anterior, la empresa Smart Power, realiza un estimado de la proyección de ahorro anual, cuando el sistema se encuentre en funcionamiento, el mismo se desglosa en la siguiente tabla:

Tabla 66. Proyección de ahorros al implementar el sistema de paneles fotovoltaicos. Fuente: Empresa Smart Power

PROYECCIÓN DE AHORROS					
MES	ENERGÍA PRODUCIDA SOLAR	FACTURA CNFL SIN SISTEMA SOLAR	FACTURA CNFL CON SISTEMA SOLAR	AHORRO MENSUAL	AHORRO ACUMUADO
Enero	21 259	₡ 3 799 044,5	₡ 1 507 718,4	₡ 2 291 326,1	₡ 2 291 326,1
Febrero	23 457	₡ 3 799 044,5	₡ 1 270 370,4	₡ 2 528 674,1	₡ 4 820 000,1
Marzo	26 507	₡ 3 799 044,5	₡ 940 989,4	₡ 2 858 055,0	₡ 7 678 055,2
Abril	25 789	₡ 3 799 044,5	₡ 1 018 490,8	₡ 2 780 553,6	₡ 10 458 608,8
Mayo	21 304	₡ 3 799 044,5	₡ 1 502 874,6	₡ 2 296 169,9	₡ 12 754 778,7
Junio	19 869	₡ 3 799 044,5	₡ 1 657 877,4	₡ 2 141 167,1	₡ 14 895 945,8
Julio	19 061	₡ 3 799 044,5	₡ 1 745 066,4	₡ 2 053 978,0	₡ 16 949 923,8
Agosto	18 837	₡ 3 799 044,5	₡ 1 769 285,6	₡ 2 029 758,8	₡ 18 979 682,7
Septiembre	19 869	₡ 3 799 044,5	₡ 1 657 877,4	₡ 2 141 167,1	₡ 21 120 849,7
Octubre	18 613	₡ 3 799 044,5	₡ 1 793 504,8	₡ 2 005 539,6	₡ 23 126 389,4
Noviembre	18 613	₡ 3 799 044,5	₡ 1 793 504,8	₡ 2 005 539,6	₡ 25 131 929,0
Diciembre	19 779	₡ 3 799 044,5	₡ 1 667 565,1	₡ 2 131 479,4	₡ 27 263 408,5
TOTAL	252 956	₡ 45 588 533,6	₡ 18 325 125,2	₡ 27 263 408,5	

**PAYBAK** 3 AÑOS  
**RENDIMIENTO** 12,06%

**VAN** \$ 1.152.388  
**TIR** 44,80%

Para la compra del sistema, la empresa ofrece opciones de financiamiento, cancelando un 20% de prima, manteniendo las siguientes condiciones durante un plazo de 84 meses:

Tabla 67. Calculo por concepto de financiamiento de la implementación del sistema fotovoltaico.  
Fuente: Empresa Smart Power

Financiamiento	Plazo	Interés	Cuota	Cuota
Dolares EUA	(meses)	Anual	(Nivelada)	( Colones)
\$118.080,00	84	4%	\$1.614,00	₡936.281,40

Al implementar los paneles fotovoltaicos en el edificio, utilizando el sistema de financiamiento, se puede realizar un cuadro comparativo, para determinar el ahorro promedio mensual, entre el pago por concepto de servicio eléctrico sin sistema de paneles, y bajo la implementación del sistema, en donde aún, haciendo el pago de la cuota bancaria, **se obtiene un ahorro de ₡ 1,335,669.30 mensual.**

Tabla 68. Calculo de ahorro promedio mensual al implementar el sistema de paneles fotovoltaicos.  
Fuente: Empresa Smart Power

Factura CNFL SIN SISTEMA DE PANELES	Factura CNFL ponderada CON SISTEMA DE PANELES	CUOTA BANCO financiamiento del sistema	Total a Cancelar	AHORRO EN LA FACTURA
₡ 3.799.044,47	₡ 1.527.093,77	₡936.281,40	₡2.463.375,17	₡ 1.335.669,30

Al entrar en funcionamiento el sistema de paneles, se obtendría un ahorro mensual del 60% por concepto de consumo de energía eléctrica, quedando la factura de CNFL, como se ilustra en la siguiente gráfica:

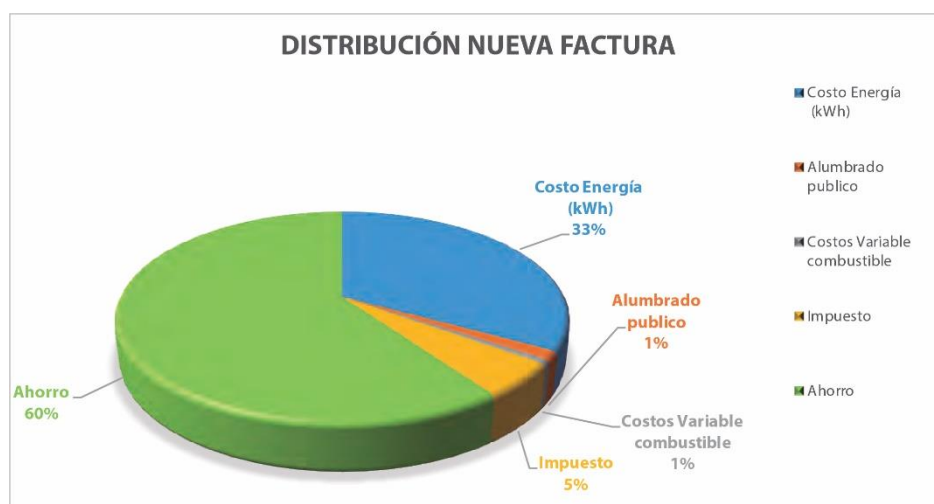


Figura 63. Diagrama de Distribución de costos de nueva factura CNFL al implementar el sistema de paneles fotovoltaicos. Fuente: Empresa Smart Power

Para la ubicación de los paneles se crea una cubierta en la azotea, con un área de 391m<sup>2</sup>, con dirección Sur, esto bajo la recomendación de la empresa y del Ingeniero Heiner Sanabria, para obtener el máximo aprovechamiento del sistema al poseer mayor impacto solar, de igual manera se colocan paneles en la cubierta de los parqueos del nivel 0.00 y de las áreas comunes, que se encuentran continuo a la piscina, para poder colocar un total de 450 paneles.

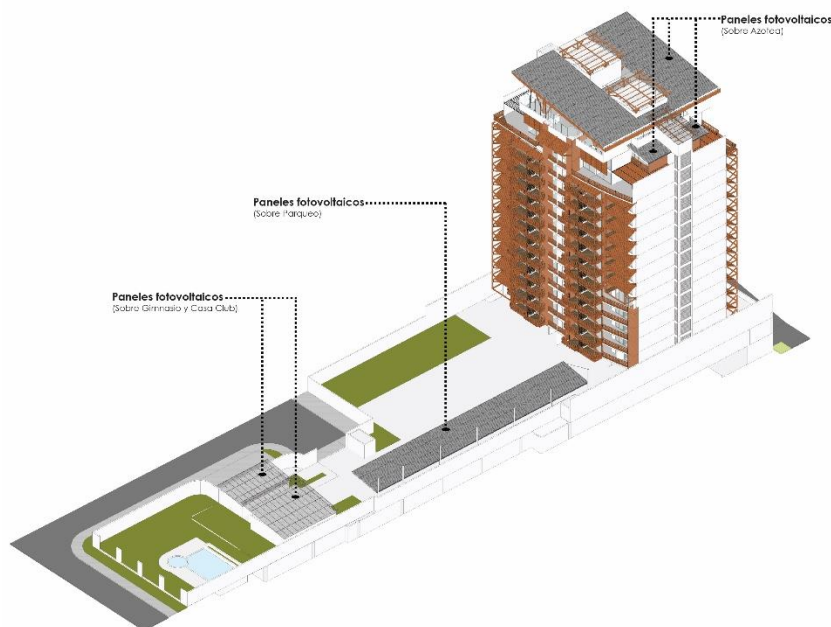


Ilustración 119. Propuesta ubicación de paneles fotovoltaicos en el proyecto. Fuente: Elaboración propia

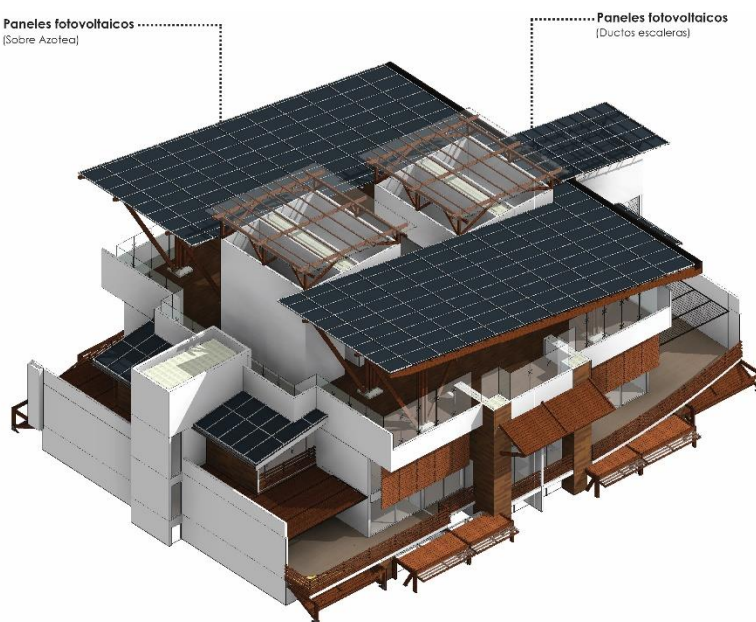


Ilustración 120. Detalle propuesta ubicación de paneles solares sobre azotea. Fuente Elaboración propia

A continuación se adjunta la ficha técnica del panel solar:

Tabla 69. Ficha Técnica, datos eléctricos del panel fotovoltaico Modelo Trina Solar 370WP. Fuente: Static. Trina Solar.com

DATOS ELÉCTRICOS EN CONDICIONES STC	TSM-340	TSM-345	TSM-350	TSM-355	TSM-360	TSM-365	TSM-370	TSM-375
Potencia nominal-P <sub>máx</sub> (Wp)*	340	345	350	355	360	365	370	375
Tolerancia de potencia nominal (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión en el punto P <sub>máx</sub> -V <sub>MP</sub> (V)	38,2	38,5	38,7	38,8	39,0	39,3	39,7	40,0
Corriente en el punto P <sub>máx</sub> -I <sub>MPP</sub> (A)	8,90	8,96	9,04	9,14	9,24	9,30	9,33	9,37
Tensión en circuito abierto-V <sub>oc</sub> (V)	46,2	46,7	47,0	47,4	47,7	48,0	48,3	48,5
Corriente de cortocircuito-I <sub>sc</sub> (A)	9,50	9,55	9,60	9,65	9,70	9,77	9,83	9,88
Eficiencia del módulo $\eta_m$ (%)	17,5	17,7	18,0	18,3	18,5	18,8	19,0	19,3

STC: Irradiancia 1000W/m<sup>2</sup>, temperatura de célula 25°C, masa de aire AM1.5

\*Tolerancia en la medida:  $\pm 3\%$

Tabla 70. Ficha Técnica, datos mecánicos del panel fotovoltaico Modelo Trina Solar 370WP. Fuente: Static. Trina Solar.com

#### DATOS MECÁNICOS

Células solares	Monocristalinas 156,75 × 156,75 mm
Distribución de las células	72 células (6 × 12)
Dimensiones del módulo	1960 × 992 × 40 mm
Peso	26,0 kg con cristal de 4,0 mm; 22,5 kg con cristal de 3,2 mm
Vidrio	Cristal de 4,0 mm para nuestro modelo Monocristalino PERC ; Cristal de 3,2 mm para nuestro modelo estándar Monocristalino, alta transparencia, recubrimiento AR y vidrio solar templado
Capa trasera	Blanca
Marco	Aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP 67 o IP 68
Cables	Resistente a los rayos UV, sección de cables 4,0 mm <sup>2</sup> , 1200 mm
Conector	MC4 EVO2/UTX/TS4

#### 10.4 Utilización de agua de lluvia para reducir el consumo de agua potable en el abastecimiento de riego de jardines, áreas recreativas, servicios sanitarios, lavadoras y consumo humano

Después de realizar un conteo detallado de ocupamiento por cada nivel del edificio y de realizar un conteo de áreas complementarias ligadas al proyecto, se determinó un consumo estimado total de agua potable de **83,232.29 litros/día**.

Con el fin de reducir este consumo, se plantea la recolección de agua de lluvia para abastecer servicios sanitarios, lavadoras, tanque de compensación de la piscina, riego de jardines, tanque para incendios cuando este lo amerite, y consumo humano, ya que se instaló una planta purificadora de agua que permite su uso.

Se propone recolectar el agua de lluvia por medio de la cubierta que funcionará a su vez como soporte para la colocación de los paneles solares, más la utilización de una cubierta existente en azotea.

Se destinará un área en el tanque de abastecimiento de agua potable actual para este uso, esta área contemplará un área de 24 m<sup>2</sup>, y podrá almacenar 52.76 m<sup>3</sup> de agua. A continuación se ilustra el funcionamiento conceptual del sistema:

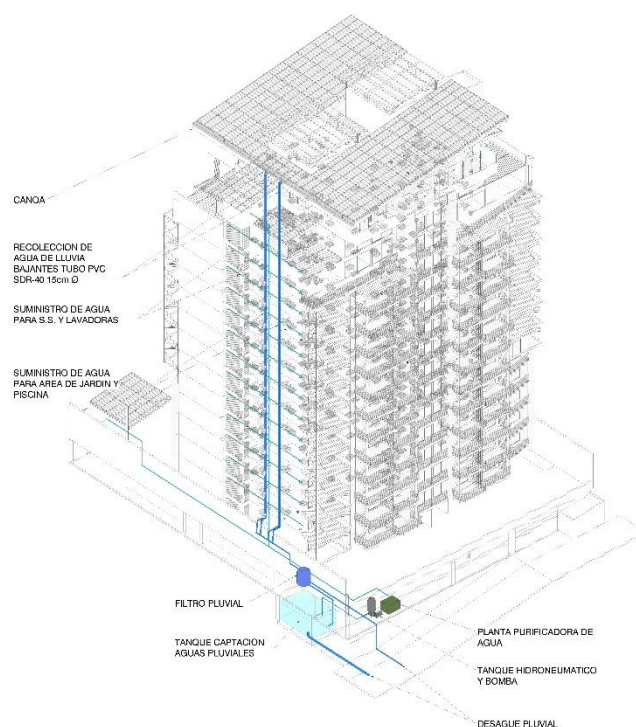


Ilustración 121. Diagrama funcionamiento de la recolección de agua de lluvia, y su implementación a los sistemas de apoyo y servicios. Fuente: Elaboración propia



Se realiza el cálculo basado en el código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones versión 2017, para calcular la cantidad de agua que se podría recolectar utilizando este sistema, así como la dimensión del tanque de abastecimiento necesario para almacenar agua por un periodo de tres días.

Para hacer el cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3600}$$

En donde:

**Q:** cantidad de agua Litros/segundo (caudal)

**i:** intensidad de lluvia (para este caso se ha utilizado el aplicado para la zona el cual es 265mm/h para un periodo de retorno de 10 años)

**c:** coeficiente de escorrentía superficial: 0.95 (utilizado para techos)

**A:** área de la cubierta

La aplicación de la formula se refleja en las siguientes tablas:

Tabla 71. Datos de cubierta para el cálculo de la recolección estimada de agua potable. Fuente: Elaboración propia

VARIABLES	CUBIERTA 1	CUBIERTA 2
Pendiente	15%	15%
Area ( m2)	391,21	27,6

Tabla 72. Calculo de cantidad estimada de agua pluvial que se puede almacenar. Fuente: Elaboración propia

Cubierta Tipo	Coeficiente cubierta	Intesidad de Lluvia	Area Cubierta	Tiempo ( S)	Q Cantidad de Agua ( L/S)	Diametro Tubo a colocar en ( mm )	m3/S	Volumen m3
CUBIERTA TIPO 1	0,95	265	391,21	3600	27,36	291,04	0,03	49,24
CUBIERTA TIPO 2	0,95	265	27,6	3600	1,93	20,53	0,0019	3,47
Capacidad del Tanque en m3								52,72
Capacidad del Tanque en m3								

Después de aplicar la formula pudimos determinar que el volumen de agua que podemos almacenar es de **52.72m3**, lo que va ayudar a reducir en un **63.34%** el uso de agua potable total del edificio.

Dicho ahorro podrá ser reflejado en el costo operativo del edificio, en donde se tendría un ahorro estimado mensual por concepto de abastecimiento de agua potable de **₡ 1, 690,822.03**

Dicho cálculo se explica en el siguiente diagrama:

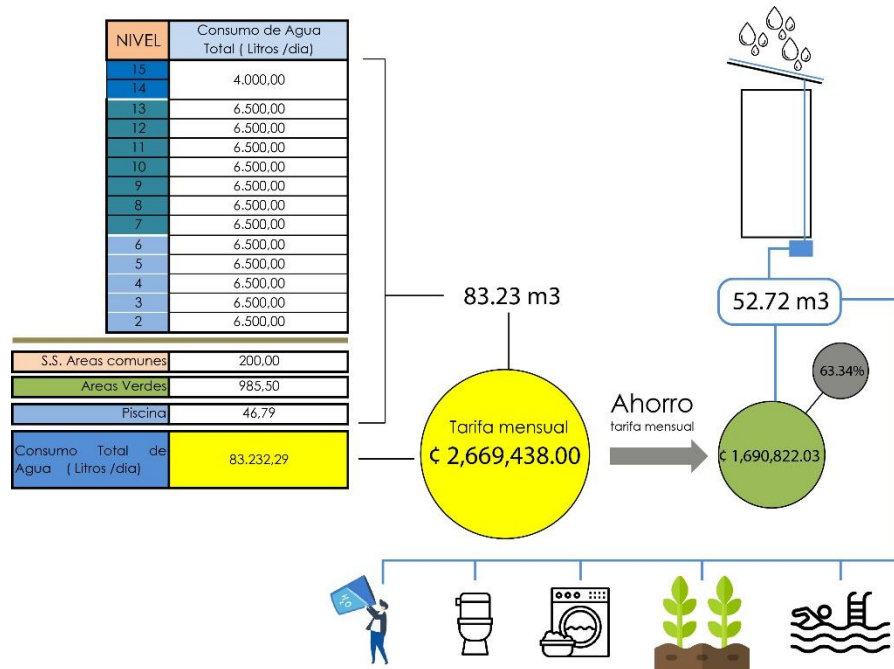


Figura 64. Diagrama conceptual de ahorro mensual por concepto de abastecimiento de agua

### 10.2.1 Sistema de Captación de Agua a implementar

En colaboración con el Ing. Heiner Sanabria y el Ing. Alberto Nuñez de la Empresa Equigas, se plantea a nivel de funcionamiento un sistema de captación de agua pluvial, que va a recolectar el agua de lluvia con la cubierta ubicada en la azotea, para posteriormente ser almacenada y suministrada al edificio por medio de un sistema compacto de bombeo con motores VFD / ECM integrados de bajo consumo con control de interfaz gráfica, este sistema dispone de tres bombas en paralelo con alimentación de punto único y motores maestros duales para redundancia del sistema completo.

El objetivo general consiste en proveer e instalar un grupo de presión tipo Hydro Multi – E equipado con bombas de accionamiento de frecuencia variable integrado. El grupo de presión completa la demanda del sistema y ajusta el consumo de las tres bombas, esto permite un aprovechamiento al 100% de energía eficiente.

Antes de almacenar el agua de lluvia, se plantea colocar un sistema de filtración de agua de la empresa Rotoplas, la cual retira y filtra los contaminantes antes de llegar al tanque de almacenamiento.

Una vez almacenado el agua en el tanque utilizado como reservorio, se distribuirá al edificio, según la demanda exigida por medio de la bomba.

Después de la bomba, se colocará una planta purificadora de agua de la empresa Rotoplas de flujo de producción de 5000 (L / día).

En el tanque de almacenamiento se colocará un vertedor o drenaje para descargar los volúmenes que excedan la capacidad del embalse, con el fin de evitar fallas por desbordamiento.

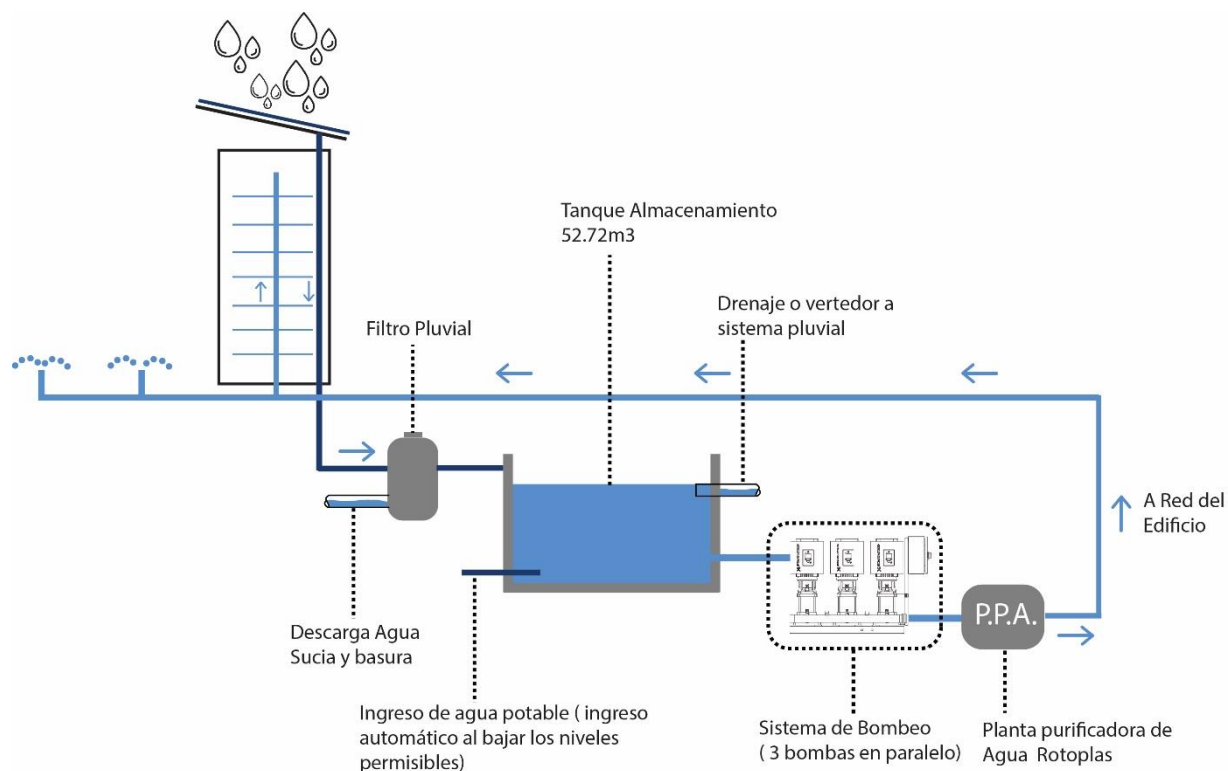


Figura 65. Diagrama Sistema de Captación de Agua Pluvial. Fuente: Elaboración propia



A continuación, se adjuntan los costos asociados al sistema sugerido a implementar, ofertado por la empresa Equigas:

Tabla 73. Desglose de cotización del sistema de bombeo sugerido por el Ing. Alberto Núñez de la Empresa Equigas

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Hydro Multi-E 3 CRE 3-9 1 x 208-230 V Instalado	1	\$21 850,00	\$21 850,00
1.1	Conexión alimentación de punto único. Manífuld succión y descarga acero inoxidable 316			
1.2	Interfaz de control de bombas avanzado			
1.3	Marco de base en acero inoxidable 304			
1.4	Válvula de retención y dos válvulas de aislamiento por cada bomba			
1.5	Adaptador con válvula de aislamiento para el tanque. Conexión por diafragma			
1.6	Manómetros en manífuld succión y descarga			
1.7	Transductor de presión en manífuld descarga			
1.8	Protección contra operación seco estándar			
1.9	Transductor de presión diferencia en manífuld succión			
1.10	Panel de potencia y control completo			
1.11	Conectividad puertos de enlace LON, Modbus, Profibus, BACnet, GSM			
			<b>Sub Total</b>	<b>\$21 850,00</b>
			<b>IVA</b>	<b>\$2 840,50</b>
			<b>Total</b>	<b>\$24 690,50</b>

### Planta purificadora de agua

La planta purificadora propuesta provee agua en cantidad y calidad suficiente para el consumo humano, eliminando contaminantes como agentes patógenos, virus, bacterias, metales y sales disueltas.

El sistema se encuentra bajo las principales tecnologías de purificación y filtración:

**Sistema de purificación por ultrafiltración:** retiene organismos microbiológicos (virus y bacterias) presentes en el agua, además de reducir la turbiedad y finos de sedimentos.

**Sistema de purificaciones por Osmosis Inversa:** Retiene organismos microbiológicos (virus y bacterias), metales pesados y sales disueltas presentes en el agua.



Ilustración 122. Planta purificadora Rotoplas. Fuente: Rotoplas.com

## **10.5 Control térmico, utilización de barreras para reducir el consumo de costo asociados al clima interior y promover la utilización de estrategias pasivas**

### **10.5.1 Utilización de Aleros, parasoles y pérgolas**

Después de realizar la simulación de incidencia solar se determinó que el edificio debido a su emplazamiento posee un gran impacto de incidencia solar hacia lo interno del edificio en las fachadas este y oeste, que es donde se encuentran todas las aberturas por medio de ventanas y puertas de vidrio, esto principalmente en los aposentos destinados a dormitorios.

Para atacar esta problemática se colocaron aleros tipo pérgolas y parasoles en ventanas y pérgolas bioclimáticas en terrazas, todas obedecen en dimensionamiento y en ángulo a un estudio realizado con la herramienta de estudio solar del programa Revit de Autodesk.

Para evaluar los alcances de colocar estas barreras, se tomaron fotografías en diferentes aposentos del edificio, en los periodos más críticos de incidencia solar, del antes y después de colocar las barreras. Estos resultados pueden ser vistos a

continuación en el punto 10.3.2 comprobación de la mitigación de incidencia solar por aposento.

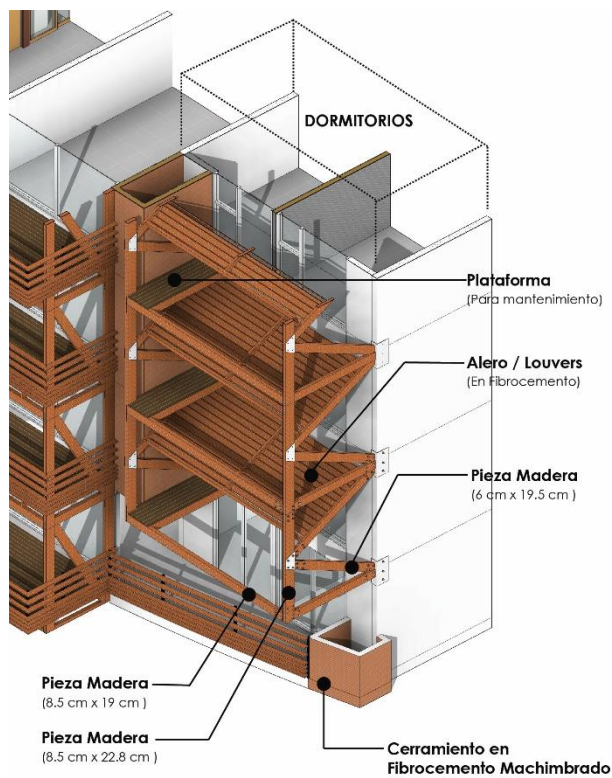


Ilustración 124. Detalle de Aleros / Louvers Fuente: Elaboración propia

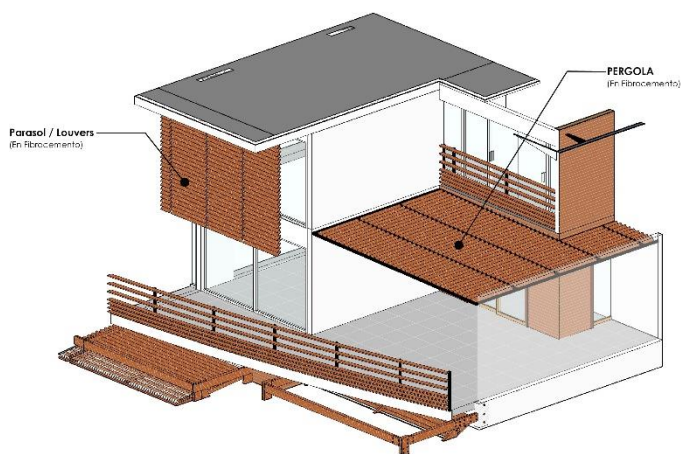


Ilustración 125. Detalle de Pérgolas y Louvers. Fuente: Elaboración propia

### 10.5.2 Comprobación de la mitigación de la incidencia solar por aposento

Para evaluar los alcances de implementar aleros a las fachadas este y oeste del edificio, se realizaron las siguientes fotografías desde el interior del edificio, en diferentes aposentos y niveles. Los mismos fueron realizados en el solsticio del 21 de setiembre y se detallan a continuación:

#### a. Dormitorio en apartamento en nivel 0+2.65m, fachada Oeste

Situación actual sin aleros



Propuesta a implementar con Aleros

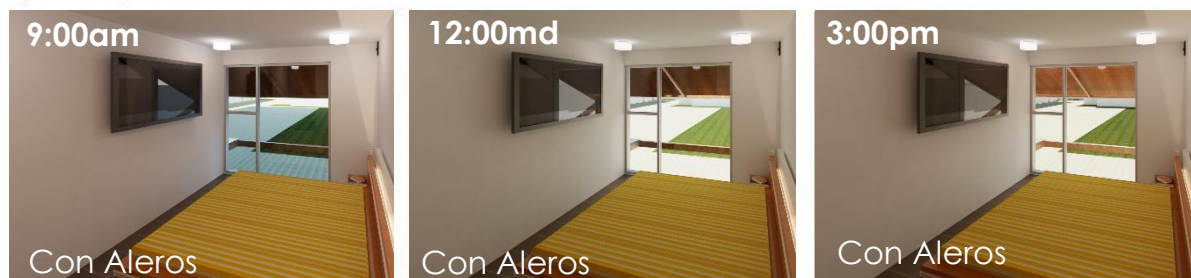


Ilustración 126. Imágenes comparativas de la incidencia solar antes y después de colocar aleros en ventanas 0+ 2.65m fachada Oeste para el Solsticio del 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia

### b. Dormitorio en apartamento en nivel 0+26.50, fachada Oeste

Situación actual



Propuesta a implementar

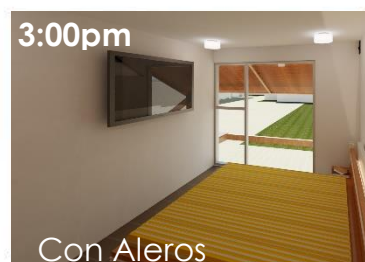
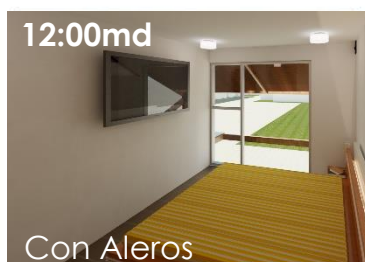
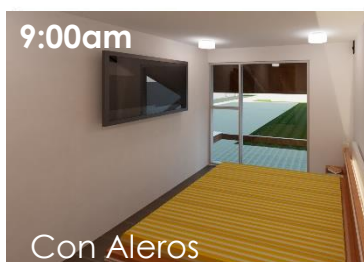


Ilustración 127. Imágenes comparativas de la incidencia solar antes y después de colocar aleros en ventanas en Nivel 0 + 26.50 fachada Oeste para el Solsticio del 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia

### c. Dormitorio en apartamento en nivel 0+2.65m, fachada Este

Situación actual



Propuesta a implementar

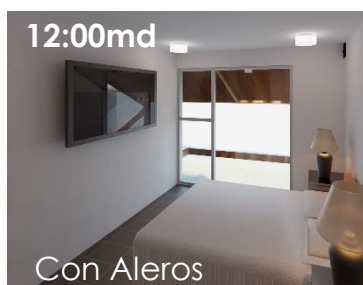
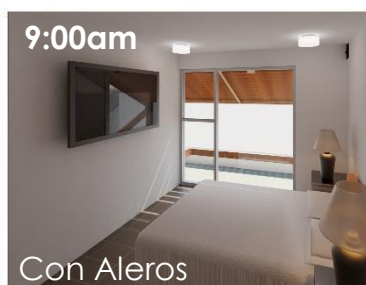


Ilustración 128. Imágenes comparativas de la incidencia solar antes y después de colocar aleros en ventanas 0+ 2.65m fachada Este para el Solsticio del 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia



**d. Dormitorio en apartamento en nivel 0+26.50m, fachada Este**

Situación actual



Propuesta a implementar



Ilustración 129. . Imágenes comparativas de la incidencia solar antes y después de colocar aleros en ventanas 0+ 26.50 m fachada Este para el Solsticio del 21 de setiembre. Fuente: Elaboración propia

Como conclusión podemos ver que los dormitorios en la fachada oeste tenían problemas de incidencia solar en horas de la tarde, en donde el sol ingresaba casi en la totalidad del aposento, con la colocación del alero, el problema se controla hasta las 3:30pm de la tarde, quedando así cubierto, el periodo más problemático del día.

Con respecto a los dormitorios que dan hacia la fachada este, las horas de mayor problema son de 7:00am a 10:00am, en donde de igual manera el sol ingresa de forma directa, con la colocación de los aleros este problema queda resuelto.

Con respecto a los aposentos en áreas sociales, al poseer todos balcones que funcionan como grandes aleros, no presentan problemas de incidencia solar al interior del edificio.

## 10.6 Promover la utilización de estrategias pasivas

Con el fin de promover la utilización de estrategias pasivas, fortaleciendo el uso de ventilación natural, se plantea cambiar la configuración actual de los balcones, los cuales funcionan como barreras cerradas, pasándolos a un sistema permeable, que permita el paso de ventilación natural al interior de los apartamentos, los balcones actuales son decks, previstos para que puedan desaguar el agua de lluvia.

Esta propuesta de barandas permeables permite mantener una ventilación cruzada, al estar integrada con la propuesta del ducto central que funciona como extractor de aire interno del edificio.

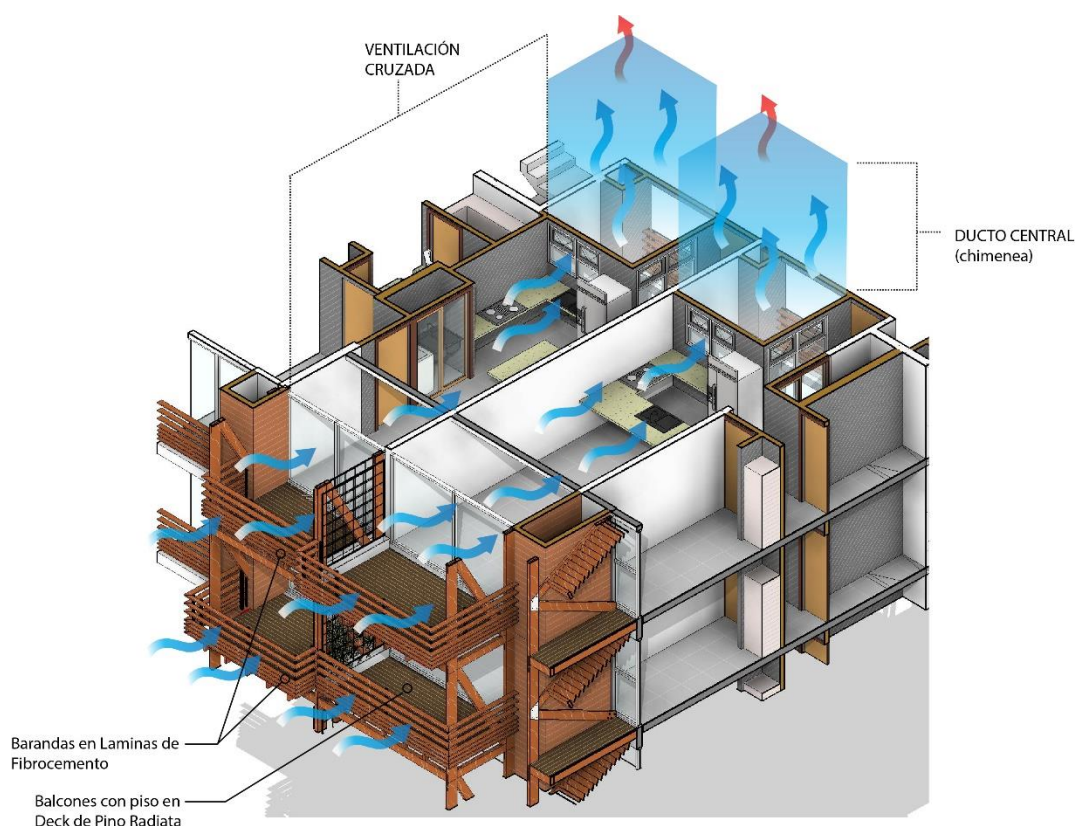


Ilustración 130. Detalle barandas en balcones, que permiten el paso de la ventilación natural. Fuente: Elaboración propia

## 10.7 Huella de Carbono (utilización de materiales que disminuya la emisión de CO<sub>2</sub>)

### 10.7.1 Utilización de láminas de fibrocemento Tipo Siding en Aleros, pérgolas, parasoles y paredes

Con el fin de utilizar materiales que disminuyan la emisión de CO<sub>2</sub>, se escogió utilizar láminas de fibrocemento tipo siding en la construcción de aleros, pérgolas y parasoles, ya que este material se encuentra en el rango de una emisión de 0kgCO<sub>2</sub>/kg a 5kgCO<sub>2</sub>/kg, lo que es un rango relativamente bajo con respecto a otros materiales como concreto armado y aluminio.

Además, el fibrocemento produce un impacto menor en el área de construcción, ya que las piezas son ligeras, se pueden modular, y llevar de un modo prefabricado al sitio.

Algunas características de este material son:

- **Versatilidad:** permite la fabricación de revestimientos interiores o exteriores sobre elementos estructurales de albañilería armada, muros en combinación con estructuras metálicas de madera, ladrillos o concreto.
- **Resistencia y bajo peso:** adquiere gran resistencia con una menor relación peso/resistencia que otros elementos.
- **Durabilidad:** resiste el fuego, el impacto del viento, la lluvia, termitas y humedad del piso.
- **Resistencia al impacto:** un fibrocemento de alta calidad cumple con éxito todas las pruebas de resistencia al impacto que el material mismo debe incorporar.
- **Acabados:** se puede utilizar cualquier acabado resistente a la alcalinidad que tiene el cemento, así como un estuco normal, que permite el uso de una gran variedad de materiales para revestirlo.





Ilustración 131. Detalle de Aleros propuestos con láminas de Siding. Fuente: Elaboración propia

## Comportamiento sustentable

En el caso del fibrocemento se puede decir que es un material eminentemente sustentable que tiene las siguientes características:

- Reutilizables
- Baja la energía incorporada
- Muy duradero

### 10.7.2 Utilización de pino radiata en estructura principal de balcones, Aleros y soporte de techo en azotea, así como en Decks

Se escoge la utilización de madera laminada en pino radiata en la construcción de la estructura principal de balcones, aleros y estructuras de techo, ya que no produce CO<sub>2</sub>, estando en un rango por emisión de CO<sub>2</sub> de -2kgCO<sub>2</sub>/kg a 0kgCO<sub>2</sub>/kg, queriendo decir esto, que su impacto ambiental es muy bajo, siempre y cuando se trate de maderas cultivadas y certificadas para la utilización en la construcción.

Otra de las características de sustentabilidad o sostenibilidad de la madera, es que, finalizada su vida útil, puede convertirse en biomasa, o ser usada para construir aglomerado (compuesto de maderas recicladas).

El detalle de la medición de su impacto, se puede ver en la siguiente tabla:

**Cuadro 3: Impacto ambiental de los principales materiales de construcción**

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Piedra	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Acero	++	++	+	+++	++	++	+++
Aluminio	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
Poliestireno	++	+	+	++	+	+	++
Poliuretano	+	++	+	+	++	++	+++
Pino	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+++ impacto pequeño; ++ impacto medio; + impacto elevado.

Según el Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida.

Figura 66. Impacto ambiental de los materiales de construcción. Fuente: Guía de construcción sostenible

Otro aspecto importante de la selección de este material, es que se podía construir de manera prefabricada, facilitando su instalación y montaje en sitio, obteniendo una optimización de los materiales, reduciendo así al máximo los desperdicios, y desde el punto de vista estructural aportando a la estructura del edificio principal muy poco peso adicional.

La empresa seleccionada que proveería la estructura, es la empresa costarricense Maderotec, la cual vende madera certificada, 100% preservada y libre de arsénico.

### 10.7.3 Creación de nuevos espacios para la interacción social

Con el fin de mejorar y restaurar la salud mental, se interviene el espacio de la azotea, para recibir grupos en un ambiente con vegetación y con vista a San José, un espacio tranquilo, en donde se puedan practicar actividades de relajación y meditación tipo yoga, o simplemente para que se convierta en un área de estar para el disfrute e interacción social de los inquilinos de los apartamentos.

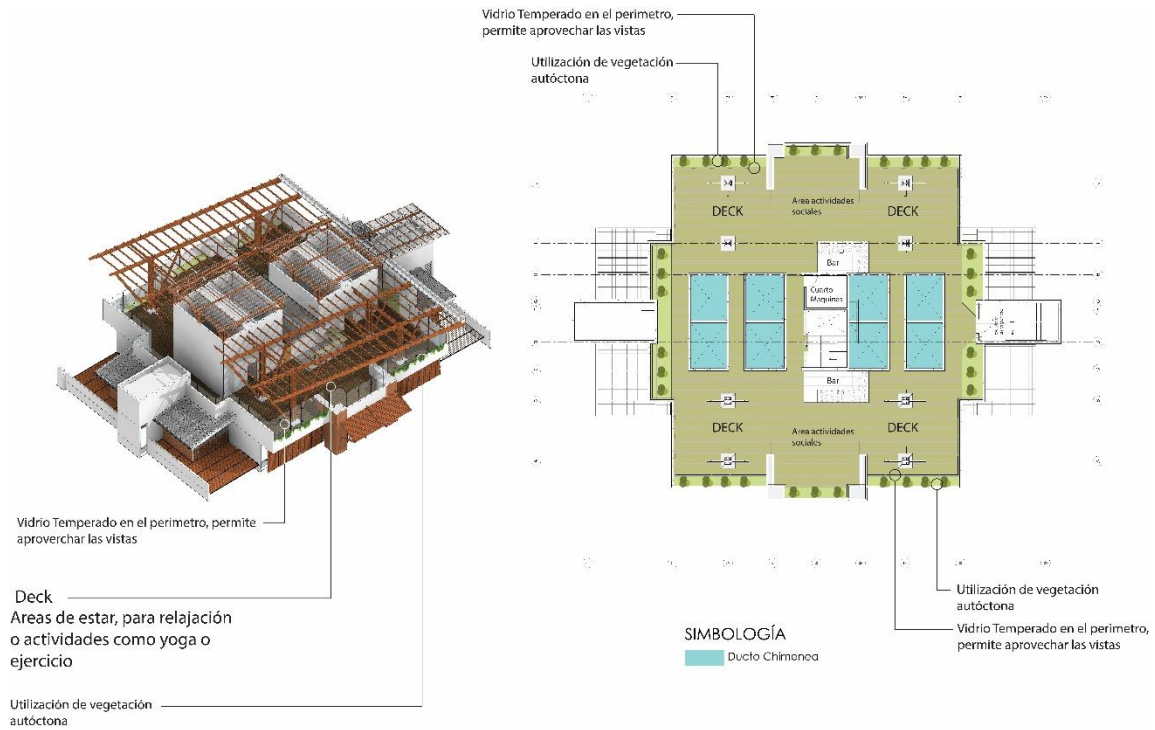


Ilustración 132. Propuesta de diseño para Azotea. Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en el nivel de acceso 0.00 se encuentran áreas de recreación y esparcimiento para la familia, un área de juegos para niños, un gimnasio, salón multiusos y área de piscina.



Ilustración 133. Áreas de esparcimiento en el conjunto. Fuente: Elaboración propia

## 10.8 Diseño propuesta final

La propuesta de intervención del edificio, al ser pensada como una intervención viable de mejoras a implementar, respetando aspectos de diseño estructural existentes, los cuales según el análisis estructural, fue una propuesta eficiente para el uso para el cual el edificio fue concebido, así mismo lo hacen ver los desarrolladores al manifestar que es un sistema seguro que provoca que el edificio posea gran rigidez y estabilidad, además de un menor costo a la hora construir, ya que se construye más rápido.

De igual manera aspectos normativos y de funcionamiento, son puntos altos a rescatar en el diseño original.

La propuesta se centró en incorporar puntualmente las pautas de diseño mencionadas en el capítulo 10, las cuales fueran propuestas poco invasivas y de costos razonables que podrían ser incorporadas al edificio original, sin afectar el funcionamiento y estructura formal actual.

### 10.8.1 Perspectiva comparativa entre el edificio original y la propuesta de intervención

EDIFICIO ORIGINAL



PROPUESTA A IMPLEMENTAR



Ilustración 134. Comparación edificio original vs. Propuesta a implementar. Fuente: Elaboración propia



### 10.8.2 Perspectiva nocturna de la propuesta



Ilustración 135. Perspectiva nocturna del edificio Fuente: Elaboración propia

### 10.8.3 Isométrico de la propuesta a implementar



Ilustración 136.isométrico del edificio Fuente: Elaboración propia

## 10.9 Presupuesto del costo de intervención

Con el fin de determinar el costo de construcción de la propuesta de diseño implementada, y su impacto porcentual en relación al costo inicial del proyecto, se realiza el siguiente presupuesto global:

Tabla 74. Presupuesto Global de las mejoras a implementar. Fuente: Elaboración propia

# Actividad	Actividad	Monto en dolares	Porcentaje Representado en la obra
1	Demoliciones	\$ 71 400,91	8,49%
2	Paredes Gypsum	\$ 22 781,58	2,71%
3	Ventanería	\$ 84 210,53	10,01%
4	Paredes Fibrocemento Siding	\$ 13 157,89	1,56%
5	Estructura en Madera Laminada	\$ 261 969,23	31,14%
6	Sistema Paneles Solares	\$ 184 204,80	21,90%
7	Sistema Captación de Agua pluvial	\$ 73 684,21	8,76%
8	Pisos en Madera Deck	\$ 60 666,67	7,21%
9	Louvers en Fibrocemento	\$ 32 456,14	3,86%
10	Barandas en Fibrocemento	\$ 22 543,86	2,68%
	Cubierta de Techo	\$ 7 969,30	0,95%
11	Pared Verde	\$ 6 140,35	0,73%
<b>Costo Total de Intervención</b>		<b>\$ 841 185,46</b>	

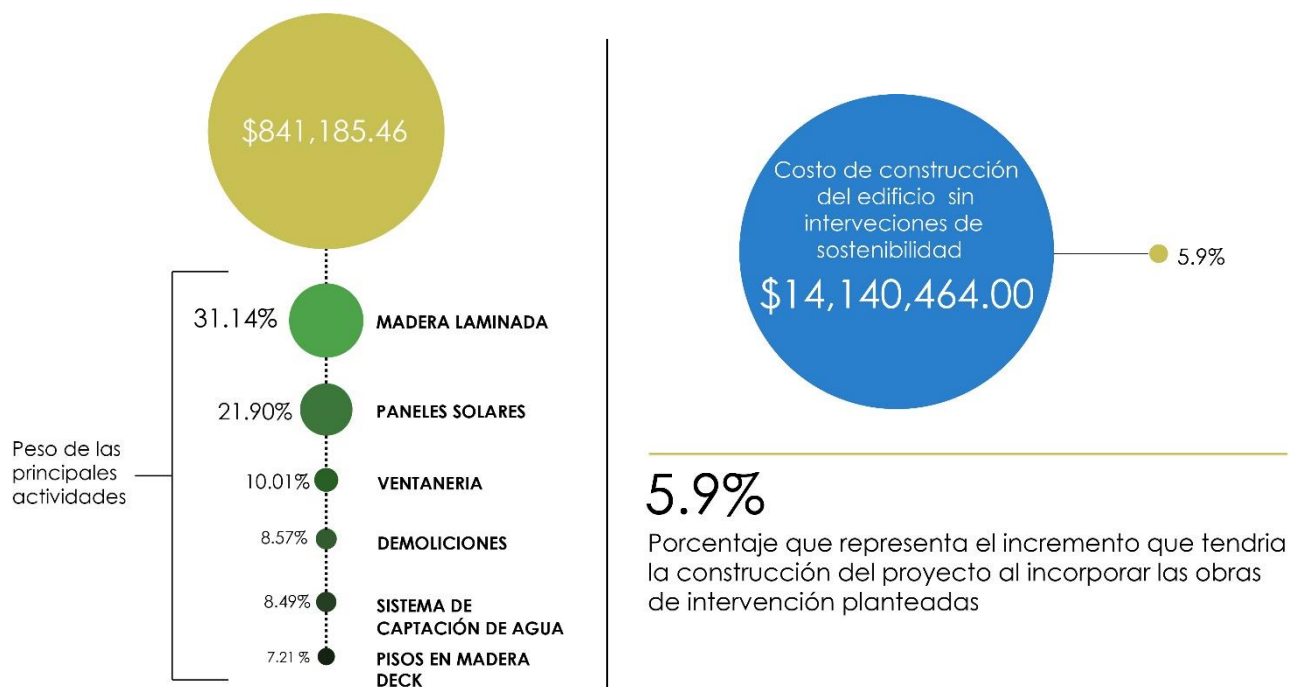


Figura 67. Diagrama costo de inversión de las mejoras a implementar

El costo de construcción de las obras propuestas, tiene un valor de **\$ 841,185.46**, monto que representa un incremento con respecto al costo del edificio actual de un **5.9%**.

## 10.10 Reducción en los costos operativos del edificio

Al implementar las mejoras de intervención al edificio existente, se reduciría de manera notable los costos operativos del mismo en un **61.26%**, logrando así una recuperación de la inversión en un **promedio de 10 años**.

Tabla 75. Tabla comparativa de reducción en los costos operativos del edificio. Fuente: Elaboración propia

Edificio convencional		Edificio Sostenible		
Descripción	Costo en colones	Nueva factura	Ahorro	Descripción
Costo eléctrico normal	₡3.799.044,47	₡1.527.093,77	₡2.271.950,70	Costo eléctrico
Costo consumo de agua convencional	₡2.669.438,00	₡978.615,97	₡1.690.822,03	Costo consumo de agua
<b>Total costo operacional convencional</b>		<b>₡2.505.709,74</b>	<b>₡3.962.772,73</b>	

Tabla 76. Tabla recuperación de inversión de años Fuente: Elaboración propia

Inversión	Ahorro mensual en colones	Ahorro mensual en dólares	Ahorro Anual en dólares	Recuperación en años
\$841 185,46	₡ 3 962 772,73	₡ 6 952,23	\$ 83 426,79	10,08

## FASE IV. EVALUACION DE LA PROPUESTA

### 11 Multicriterio final

#### 11.1 Sostenibilidad Físico - ambiental

El evaluar el edificio con la herramienta multicriterio, tenemos que, desde el punto de vista físico-ambiental después de haber realizado la implementación de mejoras, se obtuvo una nota de **84%**, esta información se desglosa en las siguientes tablas:

Tabla 77. Tabla resumen valoración Físico - Ambiental de la propuesta

RESUMEN	
Total de Variables	42
Puntaje Total	126
Puntaje Obtenido	106
Valor Porcentual	84%

Tabla 78. Valoración Sostenibilidad Físico- Ambiental de la propuesta

1. Sostenibilidad Físico-Ambiental			
Variables	Estados	Valor	Puntaje Final
Confort Climático (Edificio)	a. Ventilación Natural (temp. Humedad relativa adecuada)	3	3
	b. Ventilación semi nat. (Ventiladores-cielo)T y H adecuada	2	
	c. Ventilación semi nat. (Ventiladores-cielo)T y H inadecuada	1	
	d. Ventilación artificial (aire acondicionado)	0	
Radiación solar	a. Protección a incidencia solar/orientación de ventanas	3	3
	b. Protección por parasoles fijos o bloques/ventilación	2	
	c. Protección mediante estrategias pasivas	1	
	d. Sin protección en áreas mayor incidencia	0	
Iluminación – día	a. Iluminación natural 75% de áreas	3	3
	b. Iluminación natural 60% de áreas	2	
	c. Iluminación natural 45% de áreas	1	
	d. Iluminación natural menor de 40% de área	0	
Aislamiento térmico (Paredes expuestas al sol)	a. Concreto armado integral y cerramiento livianos con aislante térmico	3	3
	b. Marco estructural y bloques de concreto	2	
	c. Perfil acero y papelería liviana (fibrolit, durok u otros)	1	
	d. Marco de concreto o perfil de acero y vidrio	0	
Manejo de Residuos	a. Planta de tratamiento, biodigestor, y separación de desechos (mucho aprovechamiento)	3	0
	b. Planta de tratamiento y biodigestor (medio aprovechamiento)	2	
	c. Tratamiento de desechos con planta (sin retorno)	1	
	d. Desecho directo a cloaca (sin retorno)	0	



Ventilación (estrategias pasivas)	a.	Ventilación del Edificio con ventilación cruzada y estrategias pasivas en un 100%	3	3
	b.	Ventilación del Edificio con ventilación cruzada y estrategias pasivas en un 80%	2	
	c.	Ventilación del Edificio con ventilación cruzada y estrategias pasivas en un 60%	1	
	d.	Inexistencia de ventilación cruzada, utilización de sistemas mecánicos como complemento del control climático dentro del edificio	0	
Sellado de piso (incluye estacionamientos y accesos)	a.	Material que permite infiltraciones (un 70% o + terreno)	3	1
	b.	Material que permite infiltraciones (entre 50% y 69%)	2	
	c.	Material que permite infiltraciones (entre 30% y 49%)	1	
	d.	Material que permite infiltraciones (entre 29% y 0)	0	
Aislamiento térmico en ventanería	a.	Utilización de Ventanería Tipo Muro cortina con vidrio con aislamiento térmico que baja en un 80% la emisividad de calor dentro del edificio	3	3
	b.	Utilización de Sistema de Ventanería convencional con vidrio con aislamiento térmico, que baja en un 60% la emisividad de calor dentro del edificio	2	
	c.	Utilización de Sistema de Ventanería convencional con vidrios polarizados, que baja en un 30% la emisividad de calor dentro del edificio	1	
	d.	Utilización de sistemas de ventanería convencional con vidrio natural, sin aislamiento térmico	0	
Capacidad de Crecimiento Integral del Edificio	a.	Espacio estandarizado previsto para crecer integralmente a nivel funcional y estructural ( estandarizado y modulado)	3	0
	b.	Espacio previsto para crecer integralmente a nivel funcional y estructural ( no estandarizado, ni modulado)	2	
	c.	Espacio con capacidad de crecer haciendo cambios funcionales y estructurales	1	
	d.	Espacio sin capacidad de crecimiento ni intervenciones integrales	0	
Aislamiento Acústico	a.	Se atenúa al menos 50db del ambiente externo	3	3
	b.	Se atenúa al menos 30db del ambiente externo.	2	
	c.	Se atenúa menos de 20db del ambiente externo.	1	
	d.	No se atenúa el ruido externo	0	
Incidencia (Vientos)	a.	Forma dinámica donde transcurren vientos dominante	3	3
	b.	Forma poco resist, a vientos dominantes	2	
	c.	Forma resiste parcialmente a vientos dominantes	1	
	d.	Forma resiste frontalmente a vientos dominantes	0	
Fuego y Humo ( Sistema contra incendios)	a.	Cuenta con sistema integral de prevención contra incendios (Altura del Edificio, Dectector de humo y Extractor de humo,rociadores,luces de emergencia,extintores)	3	3
	b.	Cuenta con detector de humo, luces de emergencia, rociadores, extintores	2	
	c.	Cuenta con detector de humo, luces de emergencia y extintores	1	
	d.	Se cuenta solamente con luces de emergencia y extintores	0	
Capacidad de Adaptarse a nuevos usos	a.	Espacio 100% Adaptable a un nuevo uso	3	0
	b.	Espacio 80% Adaptable a un nuevo uso	2	
	c.	Espacio 50% Adaptable a un nuevo uso	1	
	d.	Espacio no adaptable a un nuevo uso	0	
Mantenimiento en Fachadas	a.	Material cubridor y de fácil limpieza que no requiere pintura	3	3
	b.	Material cubridor y fácil limpieza y pintura	2	
	c.	Material poco cubridor y dificultad media de limpieza	1	
	d.	Material poco cubridor y dificultad alta de limpieza	0	
Sistemas Mecánicos	a.	Sistema Mecánicos General Centralizados e integrados al sistema Arquitectónico mediante ductos ( aguas negras, pluviales y pluviales ) que ordena y libera el espacio interno del edificio	3	3
	b.	Sistemas Mecánicos bien ubicados, mediante ductos registrables que no afectan el espacio del edificio, pero que no está vinculado funcionalmente ni formalmente con la estructura	2	
	c.	Sistemas Mecánicos bien ubicados, que no afectan el espacio del edificio, pero que no está vinculado funcionalmente ni formalmente con la estructura	1	
	d.	Sistemas Mecánicos mal planificados, que afectan los espacios internos del edificio y sus diferentes funciones	0	
Eficiencia en el Proceso Constructivo	a.	Diseño que promueve la planificación, estandarización y elaboración por etapas del proceso constructivo, bajando costos y tiempos de entrega	3	3
	b.	Diseño que promueve la planificación y elaboración por etapas del proceso constructivo, bajando costos y tiempos de entrega	2	
	c.	Diseño que promueve la construcción por etapas de la construcción	1	
	d.	Diseño sin planificación, que provoca altos costos operativos y un largo periodo de ejecución del proceso constructivo	0	
Sistemas de emergencias	A	Cuenta con un diseño integral de prevención y evacuación de emergencias( Sistema contraincendios, señalización, alarmas, etc)	3	3
	B	Existe un sistema de hidrantes, extintores y alarma además de su respectiva señalización	2	
	C	Se cuenta con salidas de emergencias adecuadas a la norma NFPA-101	1	
	D	No cuenta con ningún sistema de emergencia	0	
Funcionamiento integral (optimiza la localización de núcleos de circulaciones y su relación con los accesos principales y de servicio – carga, descarga y estacionamientos)	A	Ubicación escaleras (normal y emergencia), rampas, elevadores y pasillos sobrepasa los lineamientos, siendo en edificio de rápida evacuación	3	2
	B	Ubicación escaleras (normal y emergencia), rampas, elevadores y pasillos acorde a los reglamentos	2	
	C	Ubicación escaleras (normal y emergencia) cumple solo con algunos aspectos de la normativa	1	
	D	Ubicación escaleras (normal y emergencia), no cumple los alineamientos básicos.	0	

Factor de emision de CO2 para materiales de la Industria de la Construcion predominantes en la obra ( Huella carbono del edificio)	A	-2 kg CO2e/kg a 0 Kg CO2e/kg ( Madera Laminada, madera de construccion)	3	3
	B	0 kg CO2e/kg a 5 Kg CO2e/kg ( Tabilla de Fibrocemento, lamina de vidrio, varilla deformada, bloque de concreto, columna y bald.	2	
	C	5 kg CO2e/kg a 10 Kg CO2e/kg ( Concreto Armado)	1	
	D	mayor a 10 Kg CO2e/kg ( Aluminio)	0	
Limitar el desarrollo en terrenos designados como tierras productivas.	A	El proyecto esta ubicado en una zona urbana, a 30km o más de zonas agrícolas productivas.	3	3
	B	El proyecto se encuentra en una zona urbano-rural, a 5km o menos de zonas agrícolas.	2	
	C	El proyecto esta ubicado en una zona rural, contiguo a una zona agrícola productiva.	1	
	D	El proyecto esta emplazado en una zona agrícola productiva.	0	
Protección de masas de agua y zonas inundables.(ríos, nacientes, quebradas, etc.).	A	El proyecto se encuentra en una zona urbana, a 5km o más de cualquier masa de agua.	3	2
	B	La estructura se encuentra en una zona urbano-rural, a 1km o menos de cualquier masa de agua.	2	
	C	La estructura se encuentra a 100m o menos de una masa de agua.	1	
	D	El proyecto esta ubicado a 50m o menos de una masa de agua.	0	
Protección de bosques primarios, secundarios y humedales. Protección de especies amenazadas o en peligro de extinción.	A	El proyecto se encuentra a más de 50km de cualquier tipo de zona protegida.	3	3
	B	El proyecto se encuentra a 1km o menos de un bosque secundario.	2	
	C	La estructura se encuentra a menos de 100m de un humedal o bosque primario.	1	
	D	El terreno esta ubicado dentro de una zona protegida.	0	
Elaboración de un prediseño de sitio y explorar oportunidades para la sostenibilidad del sitio. Se pueden prediseñar pautas hacia cumplir medidas en: 1. Diseño sitio 2. Construcción 3. Mantenimiento	A	no se toman medidas de prediseño	0	3
	B	Se toman medidas de prediseño en uno de los tres aspectos mencionados	1	
	C	Se toman medidas de prediseño en dos de los tres aspectos mencionados	2	
	D	Se toman medidas de prediseño en los tres aspectos mencionados	3	
Medidas de control de los planes del prediseño. Se deberá tener personal encargado de verificar el cumplimiento de las medidas de: 1. Diseño sitio 2. Construcción 3. Mantenimiento	A	No se tienen medidas para corroborar el cumplimiento de las pautas de prediseño en la realización de la obra	0	3
	B	Se toman medidas para corrobora el cumplimiento de los objetivos en una de las áreas mencionadas.	1	
	C	Se toman medidas para corrobora el cumplimiento de los objetivos en dos de las áreas mencionadas.	2	
	D	Se toman medidas para corrobora el cumplimiento de los objetivos en todas las áreas mencionadas.	3	
Reducir el uso de agua potable para el riego de jardines en un 75 por ciento de los niveles establecidos.	A	Reducir el consumo de agua potable, agua de superficie natural (por ejemplo, lagos, ríos), y los retiros de agua subterránea para el riego después de la fase de establecimiento de la planta en un 75 por ciento.	3	3
	B	Reducir el consumo de agua potable, agua de superficie natural (por ejemplo, lagos, ríos), y los retiros de agua subterránea para el riego después de la fase de establecimiento de la planta en un 50 por ciento.	2	
	C	Reducir el consumo de agua potable, agua de superficie natural (por ejemplo, lagos, ríos), y los retiros de agua subterránea para el riego después de la fase de establecimiento de la planta en un 25 por ciento.	1	
	D	Utilizacion de Agua potable para el riego de Jardines	0	
Utilizacion de Agua de lluvia para abastecer servicios mecanicos, de mantenimiento y recreacion	A	Utilizacion de en un 100% el Agua de lluvia para Abastecer sistemas mecanicos ( Servicios sanitarios, duchas, agua para mantenimiento y piscina)	3	3
	B	Utilizacion de en un 80% el Agua de lluvia para Abastecer sistemas mecanicos ( Servicios sanitarios, duchas, agua para mantenimiento y piscina)	2	
	C	Utilizacion Mixta, un 50% de Agua de lluvia para abastecer sistemas mecanicos y una utilizacion de 50% de Agua Potable	1	
	D	Utilizacion de Agua potable para abastecer sistemas mecanicos ( Servicios sanitarios, duchas, agua para mantenimiento y piscina)	0	
Diseñar y Mantener las características del Agua y de los ecosistemas naturales, plantas y organismos para las condiciones locales	A	Mantener las características del agua, para conservación del agua y otros recursos, incorporacion de plantas nativas de la ecorregion dentro de las 200 millas del lugar.	3	2
	B	Mantener las características del agua, incorporacion de plantas no invasivas y adecuadas para las condiciones del sitio, cultivadas unicamente en viveros, de recoleccion legal o recuperados para su reutilizacion dentro o fuera del sitio	2	
	C	Reduccion al impacto de las características del agua en un 50% , incorporacion de plantas no invasivas y adecuadas para las condiciones del sitio	1	
	D	Impacta negativamente las caracterias del agua, no se realiza incorporacion de plantas, ni se demarcan areas de amortiguamiento y proteccion de rios y	0	

Seguridad Iluminación( alumbrado) y vigilancia	A	Todas las áreas cumplen con dicha disposición	3	3
	B	75% de las áreas cumplen con dicha disposición	2	
	C	50% de las áreas cumplen con dicha disposición	1	
	D	20% de las áreas cumplen con dicha disposición	0	
Seguridad en las líneas de visión Entradas y pasarelas estan abiertas y claramente visibles para los	A	Todas las áreas cumplen con dicha disposición	3	3
	B	75% de las áreas cumplen con dicha disposición	2	
	C	50% de las áreas cumplen con dicha disposición	1	
	D	20% de las áreas cumplen con dicha disposición	0	
Seguridad: control de acceso y sistemas de vigilancia electrónicos ( sistema de intrusión, cámaras de seguridad), verjas	A	Cuenta con al menos 3 sistemas de seguridad.	3	3
	B	Cuenta con al menos 2 sistemas de seguridad.	2	
	C	Cuenta con al menos 1 sistema de seguridad.	1	
	D	Solo cuenta con verjas y portones.	0	
Reducción Contaminación luminica reducción del resplandor de las nubes, aumentando la visibilidad nocturna y minimizar el efecto negativo sobre los ambientes nocturnos, salud humana y el funcionamiento.	A	90% de eliminación de contaminación luminica	3	3
	B	75% de eliminación de contaminación luminica	2	
	C	50% de eliminación de contaminación luminica	1	
	D	30% de eliminación de contaminación luminica	0	
Controlar y retener los contaminantes de la construcción	A	se previene la perdida del suelo a causa de la erosión, sedimentación y contaminantes	3	3
	B	se previene la perdida del suelo a causa de la erosión y sedimentación	2	
	C	se previene la perdida del suelo a causa de la erosión	1	
	D	no se previene la perdida del suelo a causa de la erosión y sedimentación	0	
* Restaurar suelos alterados durante la construcción	A	se cumplen los 5 criterios y se controla al minimo la alteración del suelo	3	2
	B	se cumplen 4 criterios para la restauración de suelos	2	
	C	se cumplen 3 criterios para la restauración de suelos	1	
	D	no se cumplen los criterios de restauración de suelos	0	
Proveer Recoleccion y Almacenamiento de Reciclajes	A	Se Provee un espacio seguro para la recoleccion de materiales reciclajes, con un plan de capacitacion y en contacto con un centro de reciclaje a una	3	2
	B	Se Provee un espacio seguro para la recoleccion de materiales reciclajes, con un plan de capacitacion	2	
	C	Se provee un espacio para las personas interesadas en reciclar	1	
	D	NO se provee espacios para realizar reciclaje de materiales	0	
TOTAL			126	106

## 11.2 Sostenibilidad Socio - Cultural

El evaluar el edificio con la herramienta multicriterio, tenemos que desde el punto de vista socio-cultural después de haber realizado la implementación de mejoras, se obtuvo una nota de **86%**, esta información se desglosa en las siguientes tablas:

Tabla 79.Tabla resumen valoración Socio - Cultura de la propuesta

RESUMEN	
Total de Variables	19
Puntaje Total	57
Puntaje Obtenido	49
Valor Porcentual	86%

Tabla 80. Valoración Sostenibilidad Socio- Cultural de la propuesta

VARIABLES		ESTADOS	VALOR	PUNTAJE FINAL
Disponibilidad de Obra Local en el proceso Constructivo	global	a. Disponibilidad de para reclutar a un 70% o mas	3	3
		b. Disponibilidad de para reclutar a un 50% o mas	2	
		c. Disponibilidad de para reclutar a un 30% o mas	1	
		d. Inexistencia de mano de obra local, toda la mano de obra se debe llevar al sitio proveniente de otros lugares	0	
Aporte Socio economico a las Poblaciones Aledañas	global	a. Aporta una mejora a nivel socio economico a la poblacion al generar entre 20 a 30 vacantes de empleo	3	2
		b. Aporta una mejora a nivel socio economico a la poblacion al generar entre 10 a 20 vacantes de empleo	2	
		c. Aporta pocas fuentes de empleo, menor a 10 vacantes	1	
		d. No aporta fuentes de empleo	0	
Acceso al Proyecto por parte de la Poblacion Aledaña	global	a. Acceso al 100% de la poblacion	3	3
		b. Acceso al 75% de la poblacion	2	
		c. Acceso al 50% de la poblacion	1	
		d. Acceso al 25% de la poblacion	0	
Identidad de Lugar ( Proyecto como punto de Referencia)	global	a. El edificio posee la jerarquia y relevancia para funcionar como punto de referencia y ubicación dentro del contexto de la ciudad	3	3
		b. El edificio posee relevancia con respecto a los edificios circundantes, funcionamiento medio como punto de referencia	2	
		c. El edificio se posee igual nivel de construccion que los edificios circundantes, no funciona como punto de referencia	1	
		d. El edificio pasa desapercibido sin aportar relevancia, ni funcion como punto de referencia	0	
Composicion, Plasticidad y Estructural	global	a. Excelente coherencia espacial- funcional-estructura, aporta belleza escenica al contexto ciudad	3	3
		b. Buena coherencia espacial - funcional- estructura, aportacion media de belleza escenica al contexto ciudad	2	
		c. Regular coherencia espacial - funcional- estructura, aportacion baja de belleza escenica al contexto ciudad	1	
		d. Poca coherencia espacial- funcional-estructural, no aporta belleza escenica al contexto ciudad	0	
Funcionamiento y Zonificacion	global	a. Excelente Tipologia de uso asignado de acuerdo a los flujos de actividad ( Coherencia e integracion con el contexto)	3	3
		b. Tipologia de uso responde de acuerdo a los flujos de actividades de la zona, pero no se integra con el contexto	2	
		c. Tipologia de uso responde medianamente a los flujos de actividades de la zona, pero no se integra con el contexto	1	
		d. No hay coherencia entre el uso asignado de acuerdo a los flujos de actividad ( No hay coherencia ni integracion con el contexto)	0	
Interrelacion Edificio - Contexto	global	a. Excelente coherencia e integracion entre Edificio, parqueo y espacio publico	3	3
		b. Buena coherencia e integracion entre Edificio y parqueo y espacio publico	2	
		c. Buena Integracion entre Edificio y parqueo sin relacion con espacio publico	1	
		d. NO hay relacion e intregacion entre el Edificio, el parqueo y el espacio publico	0	
Intervención de los usuarios y las demás partes interesadas en el diseño para identificar sus necesidades		A Se toman en cuenta a todos los usuarios directos e indirectos	3	2
		B Se toman en cuenta sólo a los usuarios directos	2	
		C Se toman en cuenta sólo a los usuarios indirectos	1	
		D No se toman en cuenta a los usuarios e interesados en el diseño	0	
Ubicación del proyecto		A El proyecto se encuentra rodeado en un 75% o mas por zonas urbanizadas.	3	3
		B El proyecto se encuentra rodeado en 50% o menos por zonas urbanas.	2	
		C El terreno se ubica a 2km caminables o menos, de al menos 7 servicio básicos.	1	
		D El terreno se ubica a 5km caminables o más, de un centro de población con servicios básicos.	0	

Lineamientos para selección de sitio para desarrollos urbanos.		A	Para el proyecto se utiliza un terreno previamente desarrollado y se aprovechan sus estructuras.	3	3
		B	Se utiliza un terreno baldío donde previamente existió una estructura que fue demolida.	2	
		C	El proyecto de emplazara en un terreno no intervenido dentro de una zona con desarrollo urbano.	1	
		D	El proyecto se desarrollara en un terreno que nunca ha sido intervenido.	0	
Transporte público		A	Localizar el proyecto a 500m o menos del transporte público, accesible mediante aceras y ciclo vías.	3	3
		B	El proyecto se encuentra entre 500m y 1.5km de acceso a transporte público.	2	
		C	El proyecto se encuentra a 1.5km o más del acceso a transporte público.	1	
		D	El proyecto no cuenta con acceso peatonal y esta lejos del acceso a tranporte público.	0	
Intervención de los usuarios y las demás partes interesadas en el diseño para identificar sus necesidades		A	Se toman en cuenta a todos los involucrados en el proyecto para realizar el diseño, consultores, inversionistas y mercado meta	3	3
		B	Se toman en cuenta a todos los involucrados en el proyecto para realizar el diseño, consultores y inversionistas	2	
		C	Se toma solo en cuenta para el diseño la recomendación de los consultores	1	
		D	No se toman en cuenta ninguna de las partes, proyecto se desarrolla sin planificación	0	
El proyecto brinda beneficios sociales y economicos a la comunidad <b>durante la construccion del sitio</b>		A	Desarrollar un acuerdo de beneficios a la comunidad durante la construccion del proyecto, incentivos de mano de obra local, con un porcentaje minimo del 75% con un salario digno y participacion directa de la comunidad	3	3
		B	Compromiso de dar un salario digno al 75% de los empleados durante la construccion	2	
		C	Dar oportunidades de empleo a personas de bajos ingresos en la comunidad local ( destinar 25% o mas del presupuesto de mano de obra de la construccion)	1	
		D	No se da ningun compromiso	0	
Asegurar que el proyecto provea beneficios economicos y sociales a la comunidad local <b>en funcionamiento</b>		A	Desarrollar un acuerdo que demarque los lineamientos de como el proyecto sera moldeado para proveer una gama de beneficios a la comunidad en cuanto al uso del sitio	3	0
		B	Proveer instalaciones en el sitio o amenidades que se hayan identificado como una necesidad de la comunidad ( ej: instalaciones recreacionales, cuidado de salud, mercado de agricultores, jardines, sanitarios publicos	2	
		C	Brindar al menos dos eventos anuales en los primeros dos años de operación del proyecto que se hayan identificado como una necesidad de la comunidad o una amenidad deseada durante las reuniones de la comunidad ( ej: actuaciones musicales, de teatro, espectaculos, caminatas, etc)	1	
		D	No se proveen beneficios economicos y sociales a la comunidad durante su funcionamiento	0	
Edificio Accesible para todos	global	a.	Se cumple la ley 7600 en todo el edificio y obras externas	3	3
		b.	Se cumple la ley 7600, solo en el edificio y no en las obras externas	2	
		c.	Se cumple la ley 7600, para algunas zonas del edificio	1	
		d.	No hay cumplimiento de la ley 7600	0	
Se crean instalaciones de recreacion, soporte y de ayuda a la comunidad		A	Se crean instalaciones de recreacion, soporte y servicios para generar beneficios sociales y economicos involucrando y la comunidad de una manera activa despues de finalizada la construccion	3	0
		B	Se crean instalaciones de recreacion, soporte y servicios para generar beneficios sociales y economicos a la comunidad de forma indirecta despues de finalizada la construccion	2	
		C	Se crean instalaciones de recreacion para beneficio de la comunidad	1	
		D	El proyecto no cuenta con obras de infraestructura que den apoyo socioeconomico a la comunidad despues de haber finalizado la etapa constructiva	0	
Sitios para realizar actividad fisica al aire libre,senderos, ciclovias,parques infantiles, parque de patinetas, piscina, campo de tennis, futbol, baloncesto,etc.		A	Cuenta con 3 o más áreas para realizar actividad fisica al aire libre	3	3
		B	Cuenta con 2 áreas para realizar actividad fisica al aire libre	2	
		C	Cuenta con 1 áreas para realizar actividad fisica al aire libre	1	
		D	No cuenta con áreas para deporte al aire libre	0	
Apoyo o facilidades para las diferentes actividades fisicas tales como servicios sanitarios, duchas, bebederos(minimo 3 unidades), sitios para reparacion de bicicletas, ranchos,etc.		A	Cuenta con 3 o más sitios de apoyo	3	3
		B	Cuenta con 2 sitios de apoyo	2	
		C	Cuenta con 1 sitio de apoyo	1	
			0		
Se crean espacios al aire libre para la interesacion social		A	Se crean espacios al aire libre de varios tamaños y orientado a recibir grupos en donde se cuente con vegetacion y con ambientes tranquilos para la restauracion mental y la interaccion social	3	3
		B	Se crean espacios al aire libre para la interaccion social, se proporcionan espacios con vegetacion, con ambientes tranquilos para la restauracion mental	2	
		C	Se cuenta con espacios para la interaccion social, como sala de reuniones y salon de eventos	1	
		D	El proyecto no cuenta con espacios enfocados a la interaccion social de sus condominos	0	
PUNTAJE: TOTAL				54	49

### 11.3 Sostenibilidad Económico - Financiero

El evaluar el edificio con la herramienta multicriterio, tenemos que desde el punto de vista socio-cultural después de haber realizado la implementación de mejoras, se obtuvo una nota de **88%**, esta información se desglosa en las siguientes tablas:

Tabla 81. Tabla resumen valoración Económico - Financiero de la propuesta

RESUMEN	
Total de Variables	16
Puntaje Total	48
Puntaje Obtenido	42
Valor Porcentual	88%

Tabla 82. Valoración Sostenibilidad Económico - Financiero de la propuesta

Rentabilidad del Espacio construido	GLOBAL	a.	Construccion enfocado a clase alta ( costo promedio apartamento \$ 250.000 )	3	2
		b.	Construccion enfocado a clase media alta ( costo promedio apartamento \$ 150.000 )	2	
		c.	Construccion enfocado a clase media ( costo promedio apartamento \$ 80.000 )	1	
		d.	Construccion enfocado a clase media baja ( costo promedio apartamento \$ 40.000 )	0	
Accesibilidad al proyecto	GLOBAL	a.	Excelente accesibilidad vehicular y peatonal, vias alfaltadas y aceras en buen estado	3	3
		b.	Buena accesibilidad vehicular y peatonal, vias asfaltadas pero aceras en regular estado	2	
		c.	Accesibilidad solo vehicular, no hay existencia de aceras	1	
		d.	No hay accesibilidad ni vehicular, ni peatonal	0	
Acceso a Servicios	GLOBAL	a.	Acceso a servicio de agua,luz, red de alcantarillado, telefonía, transporte publico e internet	3	3
		b.	Acceso a servicio de agua,luz, red de alcantarillado, telefonía, transporte publico	2	
		c.	Acceso a servicio de agua,luz, red de alcantarillado	1	
		d.	Sin acceso a servicios basicos	0	
Espacio para Estacionamiento	GLOBAL	a.	Se cuenta con espacio privado de 2 vehiculos por apartamento + parques para visitantes	3	3
		b.	Se cuenta con espacio privado de 1 vehiculo por apartamento + parques para visitantes	2	
		c.	Se cuenta con espacio privado de 1 vehiculo por apartamento	1	
		d.	Proyecto no posee parques	0	
Costos de construcción, sin equipamiento	GLOBAL	a.	\$1000 o menos	3	2
		b.	Entre \$1000 y \$ 1200	2	
		c.	Entre \$1200 a \$ 1500	1	
		d.	Mayor a \$ 1500	0	
Constructibilidad	GLOBAL	a.	Estricta conceptualización y manejo de la técnica constructiva	3	3
		b.	Buena conceptualización y aceptable manejo de técnica constructiva	2	
		c.	Regular conceptualización y aceptable manejo de técnica constructiva	1	
		d.	Mala conceptualización y mala manejo de técnica constructiva	0	
Plazos de ejecución	GLOBAL	a.	menor a 8 meses	3	2
		b.	de 8 a 12 meses	2	
		c.	de 12 a 14 meses	1	
		d.	mayor a 14 meses	0	
Costos de operación y mantenimiento	GLOBAL	a.	Menos de 10000 col/m2/año	3	2
		b.	De 25000 a 10000 col/m2/año	2	
		c.	De 35000 a 25000 col/m2/año	1	
		d.	Más de 35000 col/m2/año	0	

Duración estimada del Proyecto (prioriza la mayor vida útil del proyecto)	GLOBAL	a.	superior a 50 años	3	3
		b.	entre 40 y 50 años	2	
		c.	entre 30 y 40 años	1	
		d.	menos de 30 años	0	
Cercanía de proveedores de obra gris	GLOBAL	a.	Menos de 10 km	3	3
		b.	De 20 a 10 km	2	
		c.	De 30 a 20 km	1	
		d.	Más de 30 km	0	
Cercanía de proveedores de acabados	GLOBAL	a.	Menos de 10 km	3	3
		b.	De 30 a 40 km	2	
		c.	De 40 a 100 km	1	
		d.	Extranjero	0	
Acceso a Transporte Público	GLOBAL	a	Inmediato y muy seguro	3	3
		b	Cerca y seguro	2	
		c	Largo y regularmente seguro	1	
		d	no existe	0	
Instalaciones de Salud	GLOBAL	a	muy cerca (menos de 2 km)	3	3
		b	Cerca (entre 2 y 4 km)	2	
		c	Largo más de 4 km	1	
		d	no existe	0	
Proceso Constructivo	GLOBAL	a.	Baja complejidad y especialización técnica	3	1
		b.	Media complejidad y especialización técnica	2	
		c.	Alta complejidad y especialización técnica	1	
		d.	Muy alta complejidad y especialización técnica	0	
Acceso a comercio de primera necesidad	GLOBAL	a	muy cerca (menos de 2 km)	3	3
		b	Cerca (entre 2 y 4 km)	2	
		c	Largo más de 4 km	1	
		d	no existe	0	
C.A.S.	GLOBAL	a	coeficiente aprovechamiento del suelo -1	0	3
		b	coeficiente aprovechamiento del suelo de 1 a 2	1	
		c	coeficiente aprovechamiento del suelo de 2 -4	2	
		d	coeficiente aprovechamiento del suelo + 4	3	
TOTAL			48	42	

## 11.4 Resultado Multicriterio de la propuesta

Después de haber aplicado la herramienta multicriterio para valorar el proyecto desde un punto de vista de sostenibilidad, después de haber aplicado las mejoras se concluye que bajo la situación actual del proyecto, este posee buenas posibilidades de éxito al obtener una nota de **86%**.

Tabla 83. Resultado final del multicriterio sobre la propuesta de intervención del edificio. Fuente: Elaboración propia

SOSTENIBILIDAD	PESO RELATIVO	PUNTAJE MAXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	NOTA	NOTA RELATIVA
FISICO-AMBIENTAL	40,0%	126	106	84%	0,34
SOCIO-CULTURAL	30,0%	57	49	86%	0,26
ECONOMICO-FINANCIERA	30,0%	48	42	88%	0,26

GRADO DE SOSTENIBILIDAD: **NOTA FINAL 86%**



Tabla 84. Tabla de posibilidad de éxito del multicriterio sobre propuesta de intervención del edificio.  
Fuente: Elaboración propia

Rango de 1% a 60%, <b>sin</b> posibilidades de éxito
Rango de 61% a 70%, <b>pocas</b> posibilidades de éxito
Rango de 71% a 80%, <b>regulares</b> posibilidades de éxito
Rango de 81% a 90%, <b>buenas</b> posibilidades de éxito
Rango de 91% a 100%, <b>excelentes</b> posibilidades de éxito

Los resultados luego de implementar las mejoras son notables en el modelo multicriterio, ya que el proyecto se logró ubicar en la categoría **de buenas posibilidades de éxito**.

El proyecto en sí, por ser de tipo privado, es poco flexible a mejoras en el ámbito socio- cultural, y en el ámbito Económico – financiero demostró ser un proyecto exitoso y muy rentable, en el ámbito en donde se detectaron mayores falencias fue en el físico – ambiental, por ende, fue el que tuvo más intervenciones puntuales y un mejoramiento significativo.

## 11.5 Evaluación del edificio después de aplicar la propuesta mediante el software EDGE

Después de incorporar las mejoras al edificio, se realiza nuevamente la evaluación mediante la Software EDGE, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 85. Resumen Evaluación Software EDGE después de implementar las mejoras de diseño. Fuente: Elaboración propia utilizando la EDGE

Consumo final de energía 199.77 kWh/Mes/Unidad/Vivienda	Consumo final de agua 18.98 L/Mes/Unidad/Vivienda	Costos de servicios públicos - Línea base 115,615.02 CRC/Mes/Unidad	Reducción en el costo de servicios públicos 78,237.31 CRC/Mes/Unidad	Costo incremental 5,060,825.18 CRC/Unidad	Retorno en años 5.39
✓ Diseño	✓ Energía 77.45%	✓ Agua 26.12%	✓ Materiales 51.36%		

Como se puede evidenciar en la tabla 85, después de aplicar las mejoras al edificio, se cumple con la Norma EDGE en todo los rubros, ya que se tiene un ahorro de energía de un 77.45%, un ahorro de consumo de agua de 26.12% y un 51.36% de ahorro de energía incorporada a los materiales.

El detalle de cada rubro lo podemos ver en las siguientes tablas:

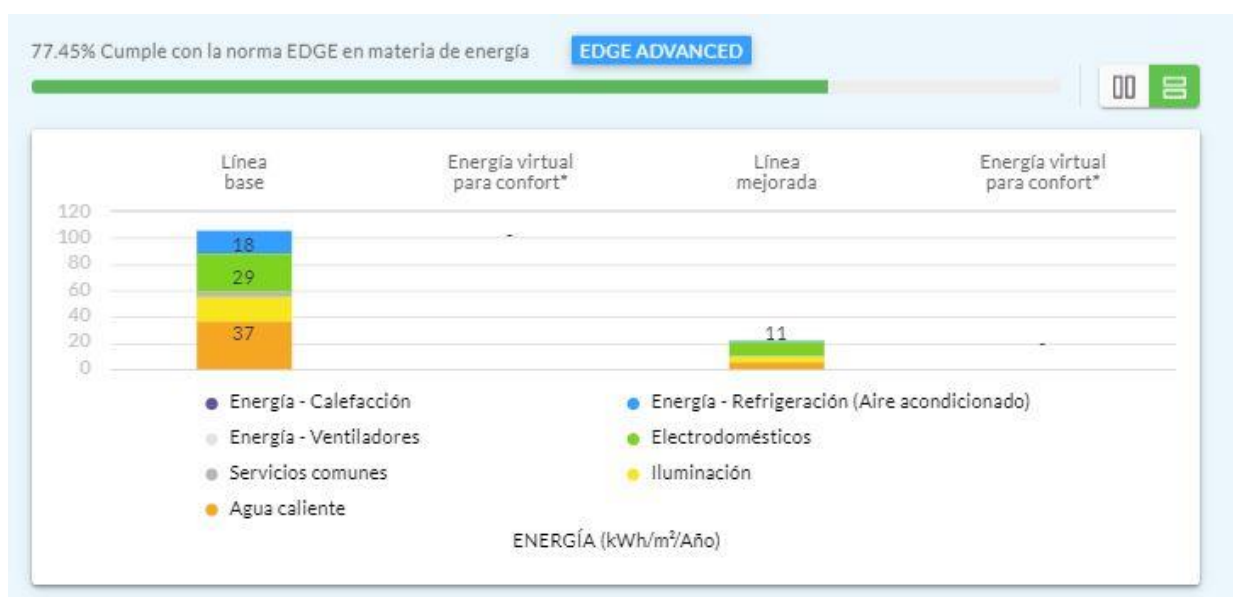


Figura 68. Ahorro de consumo de energía, después de implementar las mejoras según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia

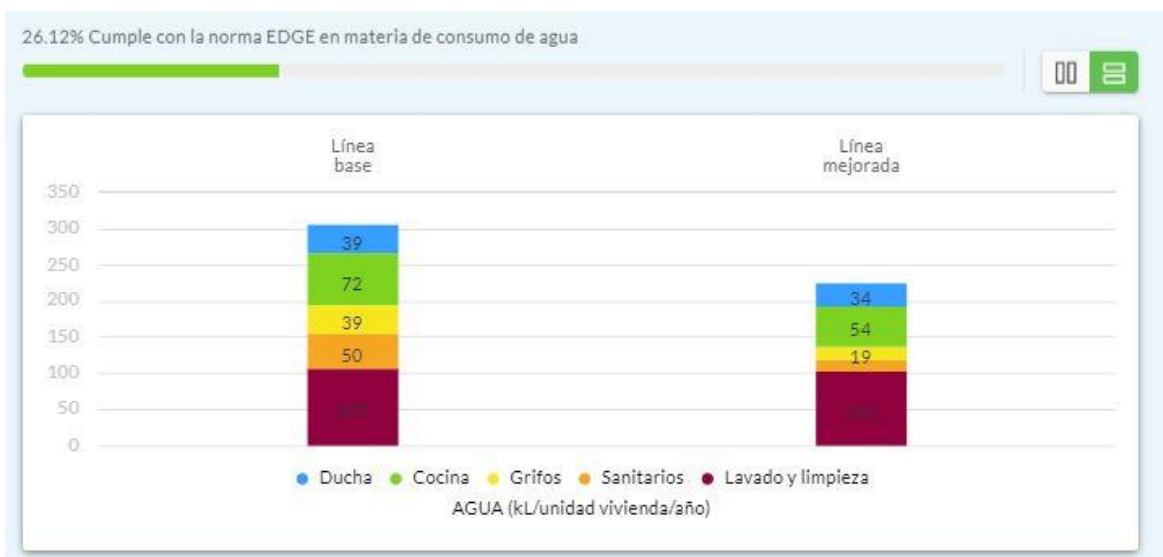


Figura 69. Ahorro de consumo de agua, después de implementar las mejoras según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia

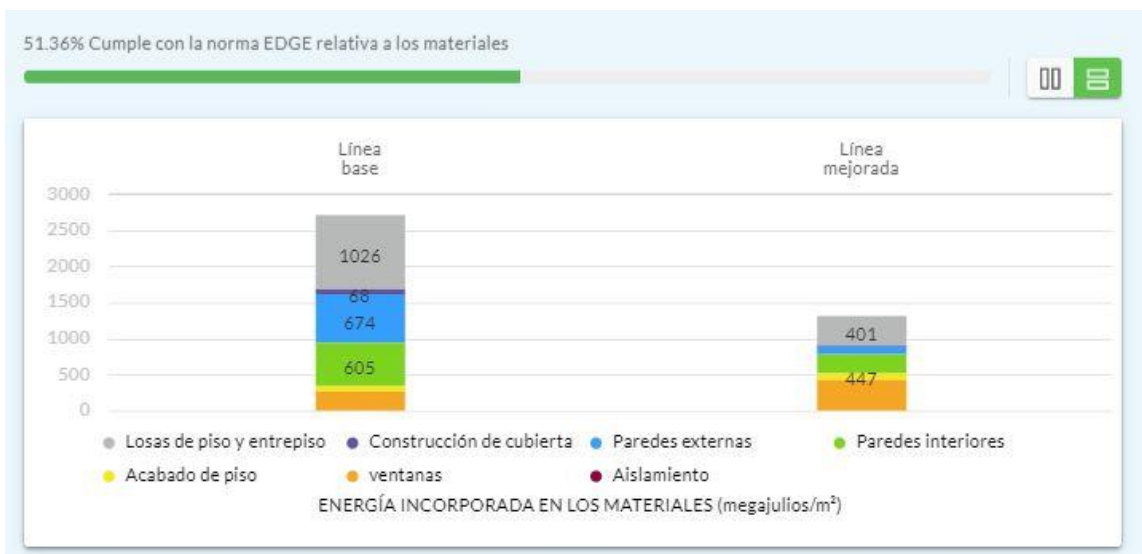


Figura 70. Energía incorporada a los materiales según parámetros EDGE. Fuente: Elaboración propia

## 12 Resultados Finales

Después de someter el edificio actual construido a una valoración inicial con la herramienta multicriterio, se concluye que el proyecto debe mejorar desde un punto de vista de sostenibilidad, en donde se deben de fortalecer aspectos en el ámbito ambiental y social.

En esta primera evaluación se concluye que bajo la situación actual y desde una óptica de sostenibilidad, el proyecto posee regulares posibilidades de éxito, al obtener una nota de **77%**, sin embargo, queda claro que para la desarrolladora Grupo El Parque, el proyecto fue exitoso, ya que para efectos de la desarrolladora, la evaluación que se realizó e impero está basada desde una óptica de economía estándar, que contemplaba solamente aspectos financieros de inversión y recuperación por venta, y desde este punto de vista el proyecto fue totalmente rentable y exitoso.

Otro aspecto importante a señalar, es que las mayores falencias del edificio actual, obedecen al ámbito físico-ambiental, **el cual posee una nota de 54%**.

Bajo esta óptica se realizaron propuestas de intervención que fueran viables a implementar al edificio actual y que tuvieran un impacto positivo en términos de sostenibilidad, dichas propuestas descritas en el capítulo 10, arrojaron los siguientes resultados:

- Reducción del consumo eléctrico, obteniendo un ahorro estimado en la tarifa por servicio eléctrico de un 59.80% mensual
- Reducción del uso del agua potable para abastecimiento de servicios sanitarios, lavadoras, piscinas y consumo humano de un **63.34%** diario.
- Mitigación de la incidencia solar al interior al edificio en las horas críticas de 9:00am a 4:00pm, reduciendo el aumento de la temperatura en el interior del edificio asociado a este factor.
- Disminución de la utilización de sistemas mecánicos como aires acondicionados, para mantener una temperatura de confort al interior del edificio, se promueve la utilización de estrategias pasiva, mediante la ventilación cruzada
- Reducción de la emisión de CO<sub>2</sub>, en el proceso constructivo y en la selección de materiales a implementar en el proyecto, se utilizaron materiales que se encontraran en el rango de 0kgCO<sub>2</sub>/kg a 5kgCO<sub>2</sub>/kg como máximo

- Reducción de costos por concepto de operación del edificio en **un 61.26%**, teniendo una recuperación de la inversión en un plazo aproximado de 10 años.
- Mejoramiento de la salud física y mental mediante la implementación de espacios de interacción social, actividades físicas y recreación

Después de realizar las intervenciones, se volvió someter el proyecto a evaluación, con la herramienta multicriterio, en donde se pudo determinar que hubo un mejoramiento significativo en términos de sostenibilidad, **obteniendo una nota de 86%** en donde el ámbito ambiental fue el que tuvo un mayor impacto positivo en el proyecto, colocándolo a la hora de ser evaluado, como un proyecto con muy buenas posibilidades de éxito.

Cabe resaltar que el mayor impacto positivo se obtuvo en el ámbito físico- ambiental, en donde se pasó de una nota de **54% a alcanzar una 84%**.

**Cabe aclarar que las propuestas planteadas fueron las que se consideraron viables y realistas a implementar al edificio existente**, ya que la construcción actual tenía una serie de limitaciones físicas y estructurales que no nos permitían hacer cambios más allá de los cambios planteados, situación normal siempre que nos enfrentamos a una remodelación o al intervenir un inmueble ya construido, en donde tenemos que adaptarnos a la construcción existente y tratar de obtener el mayor alcance imposible según las necesidades del proyecto.

## 13 Conclusiones

- Se logró comprobar un mejoramiento del proyecto en términos de sostenibilidad, colocando el proyecto dentro de la categoría de buenas posibilidades de éxito, al alcanzar una **nota de 86%**, en donde el aspecto con mayor fortalecimiento fue el ámbito ambiental, aunque que desde un punto de vista financiero basado en economía estándar, el proyecto siempre fue viable y exitoso.
- La propuesta de mejora del proyecto demostró, que es viable incorporar las pautas y medidas de sostenibilidad al diseño y construcción de edificios, aun cuando un proyecto ya esté construido, y aunque signifique un costo adicional de inversión, este a largo plazo es muy beneficioso, ya que impacta positivamente el proyecto reduciendo el costo operativo del mismo, recuperando la inversión en pocos años

- El proyecto al implementar las mejoras con criterios de sostenibilidad, provoco que inicialmente el proyecto costara un 5.9% más que el proyecto convencional, sin embargo, los ahorros operacionales ligados al consumo eléctrico y de agua fueron de un 61.26%, lo que permitiría recuperar la inversión en 10 años
- La escogencia de la madera laminada como estructura principal de balcones y aleros fue fundamental para el diseño integral de la propuesta, ya que permitió, aportar un estructura liviana, prefabricada, desmontable, de fácil transporte, con una mano de obra especializada y controlada, logrando aportar un área adicional en el perímetro del edificio, permitiendo habilitar espacios centrales que facilitaron plantear una ventilación cruzada y un mejoramiento de iluminación natural al interior del edificio.
- La implementación de técnicas de evaluación Multicriterio, para la toma de decisiones para el re-diseño de un proyecto, apoyado desde un punto de vista de sostenibilidad, favorece la toma de decisiones y clarifica el proceso de diseño, para lograr el éxito integral de un proyecto, que permite ofrecer para casos futuros, el uso de una herramienta de gran utilidad para la práctica profesional en arquitectura e ingeniería.
- Otras Normativas de tipo internacional, como la implementada bajo el software EDGE, aclara y delimita las falencias de un proyecto en aspectos físicos ambientales, lo que permite abordar puntualmente las pautas de diseño a implementar para el mejoramiento en términos de sostenibilidad del proyecto

## 14 Hallazgos

- Inicialmente se había planteado captar agua de lluvia para utilizarla en servicios de soporte, como riego, servicios sanitarios, piscina y tanque de reserva de bomberos, pero debido a la existencia de plantas purificadoras que eliminan los contaminantes microbiológicos y bacteriológicos se pudo utilizar también para consumo humano

- Al ser el edificio de categoría vivienda, la empresa Smartpower pudo realizar una propuesta de implementación de paneles fotovoltaicos que obtuviera un ahorro de consumo eléctrico de un 60%, en donde obteniendo un sistema de financiamiento a 84 meses con un 20% de prima, se tendría un ahorro mensual de ¢ 1,335,669.30
- La utilización de la madera laminada como estructura, permite tener una selección previa de la madera, evitando nudos, inclinación de grano o reventaduras, posteriormente pasa por un control de calidad donde se eliminan los defectos naturales, esta condición permite mantener las variables de propiedad estructurales lo suficientemente homogéneas y constantes para ser utilizadas como objeto de cálculo estructural.
- Para efectos del proyecto, las piezas de madera fueran diseñadas de manera modular en tramos pequeños, para permitir su fácil instalación, sin embargo, para otro tipo de proyecto se pueden construir vigas de madera de hasta 1.40m de peralte por 25 metros de largo

## 15 Recomendaciones

- Se recomienda como punto esencial a la hora de diseñar un edificio o proyecto de este tipo, realizar un equipo de trabajo integral e interdisciplinario, entre arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros mecánicos, ingenieros eléctricos, ingenieros estructurales, analistas financieros, economistas y expertos en tramitología, con el fin de llegar a un proyecto eficiente, viable y exitoso en todos sus campos.
- Los procesos de selección de materiales deben mejorarse, a través de herramientas de análisis cuantitativo y de su impacto al medio ambiente, para la toma de decisiones objetivas y basadas en criterios técnicos.
- Se recomienda el uso de materiales de bajo consumo energético durante su etapa de producción, tales como la madera comercial, laminada y todos sus subproductos, ya que esto contribuye en gran proporción, con la disminución del impacto negativo ocasionado al ambiente producto de las actividades de construcción.
- Se recomienda a la hora de realizar un estudio de factibilidad de un proyecto, tomar en cuenta aspectos de sostenibilidad, que contemple criterios basados en una economía ambiental, ecológica y social en donde se involucren costos ambientales, ecológicos y sociales



## BIBLIOGRAFÍA

- Alías, H. J., & G. (2004). *Diseño tecnológico estructural aplicado a la optimización del rendimiento higrotérmico energetico de edificios en torre*. Provincia del Chaco: Universidad Nacional del Nordeste.
- Astorga, & N. (2009). *Criterios de diseño de la zona vertical de seguridad contraincendio para edificios en altura*. Santiago: Universidad de Chile.
- Baño, & A. (2005). *Guía de construcción sostenible*. Madrid: ISTAS/PARALELO editorial.
- Basset, & L. (01 de Julio de 2018). *Riunet.upv.es*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30395/edificiosenaltura.pdf?sequence=1>
- Boeri, & S. (25 de Abril de 2018). *plataformaarquitectura*. Obtenido de <https://plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti>
- Campos, L., V., & O. (2016). *Guía de normativa y consideraciones aplicables a la construcción*. Costa Rica : Colegio federado de Ingenieros y de Arquitectos .
- CASIOPEA. (21 de Abril de 2018). *wiki.ead.pucv*. Obtenido de [https://wiki.ead.pucv.cl/SAYAB,\\_Cali,\\_Colombia](https://wiki.ead.pucv.cl/SAYAB,_Cali,_Colombia)
- ITEC. (2005). *Parámetros de Diseño sostenible del edificio*. Cataluña: ITEC.
- National Fire Protection Association. (2000). *Codigo de seguridad humana NFPA 101*. Quincy MA: NFPA.
- Papell, & A. (2014). Edificios Altos. *Revista de obras públicas (ROP)*, 1-99.
- Regalado., & F. (s.f). *Edificios de gran altura*. Alicante: Cuaderno TC.
- Sachahuamán, & S. (13 de Abril de 2018). *apuntesdearquitecturadigital.blogspot*. Obtenido de <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2015/05/la-torre-menara-mesinigaa-del-arq-ken.html>
- The Sustainable Initiative , O. (2009). *Guidlines and Performance Benchamaks. The Sustainable Sites Initiative*. Texas: American Society of Landscape Architects.
- Tomás, & A. (s.f). *Edificios*. Cartagena: Universidad politecnica de cartagena.

U.S, G. B. (2013). *LEED V4 para diseño y construcción*. España: SpainGBC.

Unidad de Ingenieria de Bomberos. (2013). *Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios* . San José: Bomberos de Costa Rica.

## ANEXOS

### ANEXO 1.

Cotización de los elementos propuestos en madera laminada, enviada por la empresa Maderotec.

**MADEROTEC**

Alajuela, Orotina, 200m suroeste del cruce la Ceiba sobre Ruta 27  
info@maderotec.com / [www.maderotec.com](http://www.maderotec.com)

Alajuela, 13 de Diciembre 2019  
**M2 858**

**Kenneth Aguilar**

[kab.arquitecto@gmail.com](mailto:kab.arquitecto@gmail.com)

Les saludo cordialmente.

Estructuras de Madera Laminada MADEROTEC S.A., le agradece por preferir productos de bajo impacto al medio ambiente como la madera laminada y aserrada.

#### MADERA LAMINADA

La madera laminada estructural MADEROLAM® se produce a partir de piezas de madera aserrada, las cuales previamente fueron preservadas y secadas al horno, de acuerdo con el tipo de ambiente que se solicite.

Posteriormente, la madera pasa por un control de calidad donde se eliminan defectos naturales, obteniendo una materia prima muy homogénea y, por lo tanto, un producto final de alta calidad que permite la optimización en el diseño estructural y a la vez responde de una manera muy estable ante las variaciones climáticas.

#### ESPECIFICACIONES DE LA MADERA LAMINADA:

- ☒ Madera de Pino Radiata.
- ☒ Cepillada las cuatro caras.
- ☒ Seca al 12% de humedad relativa.
- ☒ Curada bajo el método Vacío-Presión con preservante KOOPERS MICRO PRO.
- ☒ **Retención de 1.7kg de cobre elemental para madera bajo techo.**
- ☒ La penetración del preservante es de albura completa.
- ☒ No contiene arsénico.
- ☒ Se utiliza de Cola Estructural MUF 1242, termoestable e impermeable.
- ☒ Acabado CARVER, con protección UV, tono a escoger.

## SUMINISTRO MADERA LAMINADA KENNETH AGUILAR

### PROYECTO: SUMINISTRO MADERA LAMINADA KENNETH AGUILAR

La presente oferta consiste en el suministro de madera laminada para elementos de vigas que corresponden a la lista presentada por el cliente. Cabe mencionar que todas las piezas ofertadas cuentan con descuentos aplicados.

A continuación, la lista de elementos cotizados:

M2 858 SUMINISTRO ML KENNETH AGUILAR		13		DICI		2019		MADEROTEC	
MADERA LAMINADA	CANTIDAD	A (cm)	B (cm)	C (m)	TIPO	ACABADO	CURADO	UNIDAD	TOTAL
A 01 Viga	142	8,0	15,2	1,70	RECTA	-	1,70	33.603	4.771.626
A 02 Viga	320	8,0	15,2	1,05	RECTA	-	1,70	44.211	14.147.520
A 03 Viga	4	8,5	19,0	1,95	RECTA	-	1,70	67.385	269.540
A 04 Viga	8	8,5	19,0	2,00	RECTA	-	1,70	69.065	552.680
A 05 Viga	5	8,5	19,0	2,25	RECTA	-	1,70	77.556	387.940
A 06 Viga	37	8,5	19,0	2,31	RECTA	-	1,70	79.626	2.946.273
A 07 Viga	165	8,5	19,0	2,35	RECTA	-	1,70	80.569	13.363.185
A 08 Viga	11	8,5	19,0	2,40	RECTA	-	1,70	82.690	909.590
A 09 Viga	8	8,5	19,0	2,50	RECTA	-	1,70	88.051	688.728
A 10 Viga	142	8,5	19,0	2,90	RECTA	-	1,70	96.255	13.673.880
A 11 Viga	48	8,5	19,0	2,95	RECTA	-	1,70	101.397	4.887.056
A 12 Viga	4	8,5	19,0	3,00	RECTA	-	1,70	103.097	412.388
A 13 Viga	48	8,5	19,0	3,57	RECTA	-	1,70	125.885	6.042.480
A 14 Viga	4	8,5	19,0	3,75	RECTA	-	1,70	128.006	514.424
A 15 Viga	37	8,5	19,0	4,85	RECTA	-	1,70	159.217	5.891.029
A 16 Viga	1	8,5	19,0	6,30	RECTA	-	1,70	215.337	215.337
A 17 Viga	6	8,5	19,0	7,20	RECTA	-	1,70	245.948	1.475.688
A 18 Viga	4	8,5	22,8	7,36	RECTA	-	1,70	283.858	1.175.552
A 19 Viga	2	8,5	23,0	3,97	RECTA	-	1,70	172.536	345.076
A 20 Viga	2	8,5	23,0	4,29	RECTA	-	1,70	186.343	372.686
A 21 Viga	2	8,5	23,0	4,82	RECTA	-	1,70	209.208	418.412
A 22 Viga	2	8,5	23,0	5,21	RECTA	-	1,70	226.030	452.060
A 23 Viga	2	8,5	23,0	5,98	RECTA	-	1,70	254.932	509.864
A 24 Viga	2	8,5	23,0	6,21	RECTA	-	1,70	269.167	538.334
A 25 Viga	4	8,5	23,0	7,41	RECTA	-	1,70	320.932	1.283.728
A 26 Viga	2	8,5	23,0	7,84	RECTA	-	1,70	339.481	678.962
A 27 Viga	2	8,5	23,0	8,77	RECTA	-	1,70	379.596	759.196
A 28 Viga	1	6,0	75,0	24,18	RECTA	-	1,70	2.492.300	2.492.300
A 29 Viga	156	6,0	19,0	2,50	RECTA	-	1,70	72.086	11.245.416
A 30 Viga	36	6,0	19,0	2,05	RECTA	-	1,70	59.246	2.132.856
A 31 Viga	36	6,0	19,0	4,85	RECTA	-	1,70	133.437	4.803.732
A 32 Viga	18	6,0	7,6	2,94	RECTA	-	1,70	40.437	727.866
A 33 Viga	27	6,0	7,6	3,57	RECTA	-	1,70	50.403	1.360.881
A 34 Viga	10	6,0	7,6	4,05	RECTA	-	1,70	67.878	678.780
A 35 Viga	14	6,0	7,6	7,90	RECTA	-	1,70	106.766	1.495.004
A 36 Viga	15	8,5	7,6	2,26	RECTA	-	1,70	38.337	575.055
A 37 Viga	16	8,5	11,4	1,99	RECTA	-	1,70	39.022	608.352
A 38 Viga	8	6,0	15,2	2,92	RECTA	-	1,70	69.435	555.480
A 39 Viga	37	6,0	15,2	8,80	RECTA	-	1,70	208.051	7.607.887
A 40 Viga	2	6,0	15,2	24,22	RECTA	-	1,70	571.562	1.143.124
A 41 Viga	10	6,0	19,0	0,90	RECTA	-	1,70	26.451	264.510
A 42 Viga	8	6,0	19,0	0,90	RECTA	-	1,70	26.451	211.448
A 43 Viga (peralte promedio)	1	8,5	53,2	21,80	RECTA	-	1,70	1.854.552	1.854.552
TOTAL DE PIEZAS		1409					SUBTOTAL		115.510.289
						12%		DESCUENTO	13.861.235
						13%		IVA	13.214.377
SUBTOTAL MADERA LAMINADA								SUBTOTAL	114.863.431
TOTAL DEL PROYECTO									114.863.431
FORMA DE PAGO:		PAGO #1		50% DE MADERA LAMINADA Y 50% ANCLAJES PARA INICIAR FABRICACION					57.431.715.50
		PAGO #2		50% FINAL DE MADERA LAMINADA Y 50% FINAL DE ANCLAJES PREVIO A LA ENTREGA					57.431.715.50

### COSTO POR LA OFERTA A DESCRITA. DESCUENTOS APLICADOS:

**CRC 114.863,431** (Ciento catorce millones ochocientos sesenta y tres mil cuatrocientos treinta y un colones)

**NOTAS:**

- ☒ Las medidas en el espesor de las vigas obedecen a medidas nominales, **éstas se pueden modificar a las medidas comerciales exactas que se soliciten, con una diferencia en el precio cotizado.**
- ☒ **La tolerancia en las secciones de las piezas laminadas es:** Dimensión a: +/-5mm, Dimensión b: +/- 5mm, Dimensión c: +/- 5mm.
- ☒ **Favor corroborar que las dimensiones y cantidades de las piezas ofertadas concuerden con las solicitadas.**
- ☒ La presente **oferta se realiza en base a los archivos enviados** vía correo electrónico **por parte del cliente.**
- ☒ **En caso de instalación,** se debe de realizar una visita previa al sitio, para corroborar medidas. En la eventualidad de que se presente algún descuadre u otro problema para instalar, se le informará al encargado del proyecto o cliente. **Si las medidas que se verifican en sitio no coinciden con los planos suministrados por el cliente, se deberá de actualizar la presente oferta.**

**LA PROPUESTA INCLUYE:**

- ☒ Madera Laminada en pino radiata

**LA PROPUESTA NO INCLUYE:**

- ☒ Fabricación de anclajes metálicos
- ☒ Tinte y acabado Carver
- ☒ Tornillería correspondiente
- ☒ Inspección
- ☒ Planos de taller
- ☒ Instalación
- ☒ Cargas sociales
- ☒ Transporte al sitio de construcción

**TIEMPOS DE ENTREGA:**

- ☒ Por compromiso previos adquiridos y disponibilidad de la madera; el tiempo de entrega debe definirse en el momento de confirmar la compra y hacer efectivo el adelanto de la misma.
- ☒ **Producción:** A definirse.
- ☒ **Ingreso de personal:** no aplica

**CONDICIONES DE LA OFERTA:**

- ☒ Validez de la oferta 30 días.
- ☒ Posteriormente los precios están sujetos a cambios sin previo aviso.
- ☒ Forma de pago: **Se indica en la parte inferior de la tabla de elementos cotizados.**

**MADEROTEC**

Alajuela, Orotina, 200m suroeste del cruce la Ceiba sobre Ruta 27  
info@maderotec.com / [www.maderotec.com](http://www.maderotec.com)

- ☒ Una vez confirmada la compra y de existir algún atraso en los pagos de producción o instalación esto podría afectar el ingreso previsto del proyecto, además estará sujeto a la cola de producción en fábrica y al cronograma de construcción.
- ☒ Por medio de depósito a la cuenta corriente del BNCR 100-01-149-001736-3 en colones a nombre de ESTRUCTURAS DE MADERA LAMINADA MADEROTEC SA, cedula 3-101-697004.

LA MADERA LAMINADA TIENE GARANTIA DE ESTAR TRATADA CONTRA INSECTOS Y HONGOS XILOFAGOS.  
SE DEBE REALIZAR EL MANTENIMIENTO PERIODICO QUE SE INDIQUE PARA CADA PROYECTO, SEGÚN SEA SU USO Y CONTEXTO.

Atentamente,

**Arq. Diego Perone**

Tel: 70527275- correo: [diego@maderotec.com](mailto:diego@maderotec.com)

## Anexo 2.

### Anexo 2.1

Especificaciones técnicas de la bomba de agua propuesta por la Empresa Equigas



## Submittal Data

PROJECT: _____	UNIT TAG: _____	QUANTITY: _____
REPRESENTATIVE: _____	TYPE OF SERVICE: _____	DATE: _____
ENGINEER: _____	SUBMITTED BY: _____	DATE: _____
CONTRACTOR: _____	APPROVED BY: _____	DATE: _____
	ORDER NO.: _____	DATE: _____

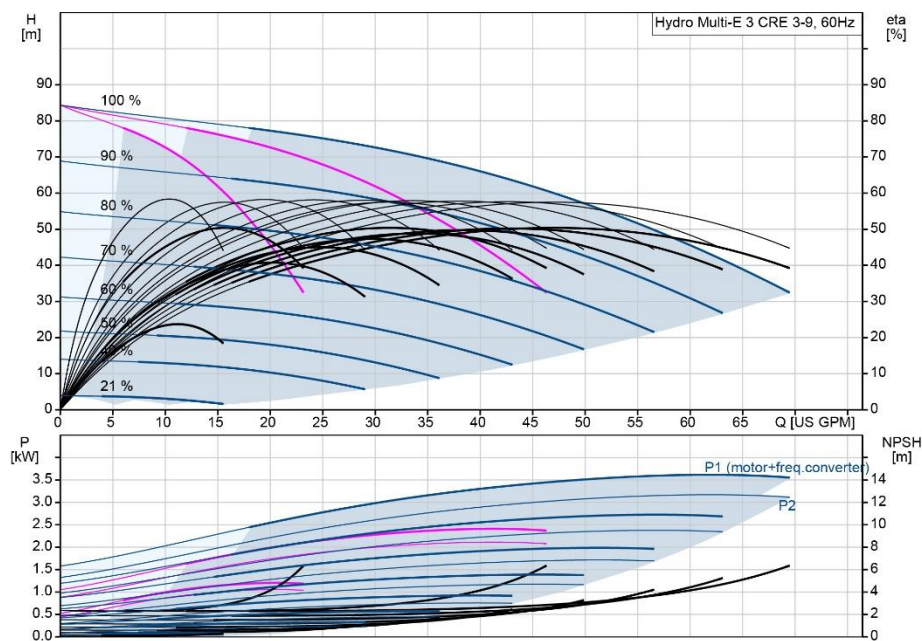


Note! Product picture may differ from actual product

### Hydro Multi-E 3 CRE 3-9

Compact pump system with energy efficient integrated VFD/ECM motors with one motor having graphical interface controller for control of pump system. Available with 2-3 parallel connected pumps, single point power connection, and dual master motors for complete pump system control redundancy.

Conditions of Service	Pump Data	Motor Data
Flow: _____	Maximum operating pressure: 16 bar	Rated voltage: 208-230 V
Head: _____	Liquid temperature range: 0 .. 60 °C	Mains frequency: 60 Hz
Efficiency: _____	Product number: 99334685	
Liquid: Water		
Temperature: 20 °C		
NPSH required: m		
Viscosity: _____		
Specific Gravity: 1.000		







**Company name:** Equigas de Costa Rica

**Created by:**

**Phone:**

**Date:** 22/11/2019

**Qty. Description**

1 **Hydro Multi-E 3 CRE 3-9**



Note! Product picture may differ from actual product

Product No.: 99334685

A GRUNDFOS Hydro Multi-E booster set consists of 2 to 3 speed controlled CR pumps (CRE pumps). Each CRE pump is equipped with an integrated variable frequency drive motor (MLE motor).

- Hydro Multi-E maintains constant pressure through continuous adjustment of the speed of the pumps.
- The system performance is adapted to the demand through cutting in/out the required number of pumps and through parallel control of the pumps in operation.
- Pump cascade control is based on first on first off to ensure equal pump wear.
- All pumps in operation will run at equal speed.

GRUNDFOS Hydro Multi-E booster sets are designed for pressure boosting of clean water in residential/commercial building, municipal, industrial, and irrigation applications.

All motors are capable of system control and two discharge sensors are mounted on discharge manifold as standard. This allows 100% system control redundancy.

The system consists of these parts:

- Single Point Power connection - Disconnect panel with individual pump disconnects inside panel.
- Advanced Control Interface - System controller installed in one pump on system.
- Suction manifold and discharge manifold made of 316 stainless steel.
- Base frame made of 304 stainless steel.
- One non-return valve (check valve), and two isolating valves for each pump.
- Adapter with isolating valve for connection diaphragm tank.
- Pressure gauge on suction and discharge manifolds.
- Pressure transducer on discharge manifold.
- Dry-running protection is standard with use of differential pressure switch on suction manifold.
- Grundfos bus communication with optional gateway connections for LON, Modbus, Profibus, BACnet, GSM

When delivered, the GRUNDFOS Hydro Multi-E booster set is factory tested and ready for operation.

Diaphragm tank is available as an accessory.

**Liquid:**

Pumped liquid: Water  
 Liquid temperature range: 0 .. 60 °C  
 Selected liquid temperature: 20 °C  
 Density at selected liquid temperature: 998.2 kg/m³

**Materials:**

Pump housing: Cast iron

**Installation:**

Maximum operating pressure: 16 bar  
 Maximum permissible inlet pressure: 10 bar  
 Manifold inlet: 2" NPT  
 Manifold outlet: 2" NPT





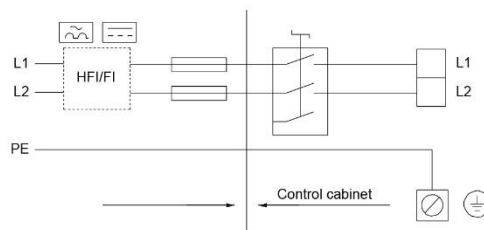
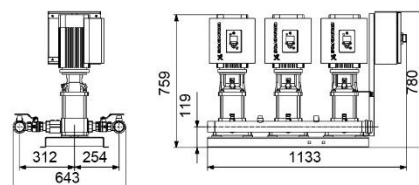
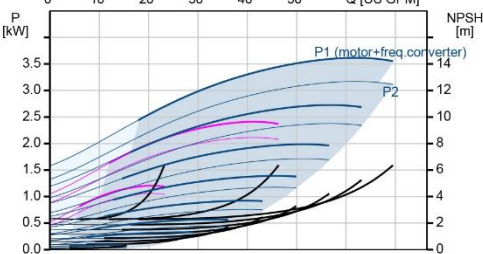
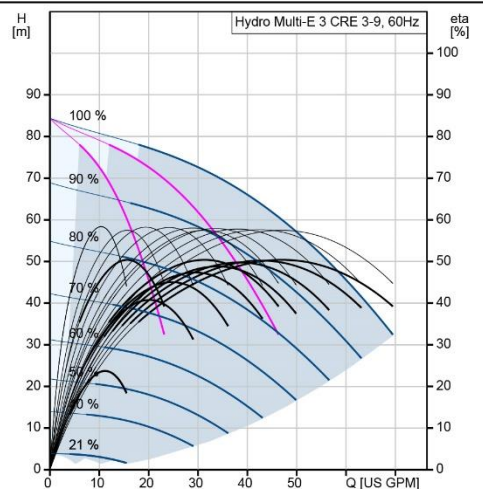
Company name: Equigas de Costa Rica

Created by:

Phone:

Date: 22/11/2019

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	Hydro Multi-E 3 CRE 3-9
Product No:	99334685
EAN number:	5712609651969
	5712609651969
<b>Technical:</b>	
Min flow system:	0 US GPM
Max flow system:	70.4 US GPM
Head max:	85.6 m
Pump name:	CRE3-9
Number of pumps:	3
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron
Manifolds:	Stainless steel
<b>Installation:</b>	
Maximum operating pressure:	16 bar
Maximum permissible inlet pressure:	10 bar
Manifold inlet:	2" NPT
Manifold outlet:	2" NPT
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	0 .. 60 °C
Selected liquid temperature:	20 °C
Density at selected liquid temperature:	998.2 kg/m³
<b>Electrical data:</b>	
Power (P2) main pump:	1.1 kW
Mains frequency:	60 Hz
Rated voltage:	1 x 208-230 V
Rated voltage main pump:	1 x 208 V
Rated current:	20.1 A
Start. method:	electronically
Radio interference supression:	IEC/CISPR 11-1B
<b>Tank:</b>	
Diaphragm tank:	No
<b>Others:</b>	
Net weight:	126 kg
Gross weight:	227 kg
Shipping volume:	2.54 m³
Sales region:	Namreg
Product range:	Namreg



## Anexo 2.2

Oferta económica, enviada por la Empresa Equigas



### SECCIÓN 1. ALCANCE

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Suministro e Instalación de sistema compacto de bombeo con motores VFD / ECM integrados de bajo consumo con control de interfaz gráfica. Dispone de tres bombas en paralelo con alimentación de punto único y motores maestros duales para redundancia del sistema completo.

#### 1.2. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo general consiste en proveer e instalar un grupo de presión tipo Hydro Multi-E equipado con bombas de accionamiento frecuencia variable integrado. El grupo de presión completa la demanda del sistema y ajusta el consumo de las tres bombas, esto permite un aprovechamiento al 100% de energía eficiente. Todos los equipos y sistemas instalados son probados de previo por el fabricante, y posterior a su instalación se certificarán las obras en sitio.

Es indispensable que el proyecto cuente con los respectivos permisos de las instituciones con jurisdicción para ejecutar la instalación de los equipos contratados en sitio.

#### 1.3. ALCANCE DEL TRABAJO

Se define qué si incluirá el trabajo, así como también qué no incluirá el trabajo en relación con productos y servicios:

El trabajo incluye:
Aprovisionamiento de sistema de presión Hydro Multi-E de tres bombas con manifold de succión, descarga y accesorios de conexión
Traslado e instalación de sistema en sitio. Conexiones mecánicas y eléctricas
Programación punto y parámetros de operación, según demanda
Pruebas de funcionamiento caudal y presión
Certificación de obras mecánicas
Certificación de obras eléctricas
Servicio de mantenimiento preventivo trimestral durante el primer año de operación

El trabajo no incluye:
Previstas, acometidas y conexiones eléctricas desde centro de carga y hasta gabinete del sistema
Previstas, acometidas y conexiones mecánicas en succión y descarga del sistema
Reparaciones de equipos (flujómetros, válvulas, etc.) existentes y en mal estado o no aptos para su integración al sistema
Trabajos de obra civil requeridos para anclaje de sistema en sitio



#### 1.4. FACTORES DE ÉXITO

El proyecto deberá proveer los planos de especificaciones técnicas mecánicas del sistema de alimentación de agua completo antes de iniciar los trabajos. Se realizará una visita previa de inspección en sitio para verificación de sistema existente. De ser necesario se realizará un informe técnico con mejoras a implementar en función de garantizar el funcionamiento óptimo del sistema

Aparte, el proyecto deberá de compartir toda información adicional necesaria para la correcta implementación tales como:

- ☒ fichas técnicas: Equipos, productos, materiales y accesorios
- ☒ Memoria de cálculo para sistema de tuberías

Se dará como aceptado el trabajo mediante la aprobación por escrito de parte del cliente final una vez realizadas las pruebas de operación necesarias.

#### 1.5. RESTRICCIONES

- ☒ Los equipos aportados por el oferente deberán ser de primera calidad y certificados por los fabricantes.
- ☒ El oferente deberá garantizar las instalaciones entregadas según corresponda cada caso.
- ☒ Los equipos y materiales son para uso pesado en ambiente expuesto a gran cantidad de polvo, lluvia y luz solar.
- ☒ El nivel de calidad debe cumplir con lo establecido en los códigos enumerados y regulaciones a continuación. Se deberá utilizar la última edición, a menos que se indique lo contrario. En caso de existir diferencias entre la especificación particular de parte del cliente y los códigos y estándares citados a continuación, prevalecerán en todos los casos, los requisitos más exigentes.
  - National Electrical Code (NFPA 70). Código Eléctrico Nacional en su última versión 2014
  - Underwriters Laboratories (UL)
  - American Society of Mechanical Engineers (ASME)
  - American National Standards Institute (ANSI)
  - American Society for Testing and Materials (ASTM)
  - Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones

## SECCIÓN 2. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

### 2.1. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

Las instalaciones se ejecutan bajo la supervisión del ingeniero responsable del trabajo por parte del oferente. De esta misma forma la supervisión será extendida hacia el personal de campo.



Es responsabilidad del oferente la adquisición de equipos y materiales aprobados y listados, así como la ejecución de obras de acuerdo con lo estipulado por la normativa aplicable en cada caso.

### SECCIÓN 3. ASPECTOS COMERCIALES

#### 3.1. DESGLOSE DE COSTOS

Los costos asociados a la ejecución del trabajo se desglosan a continuación:

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Hydro Multi-E 3 CRE 3-9 1 x 208-230 V Instalado	1	\$21 850,00	\$21 850,00
1.1	Conexión alimentación de punto único. Manifold succión y descarga acero inoxidable 316			
1.2	Interfaz de control de bombas avanzado			
1.3	Marco de base en acero inoxidable 304			
1.4	Válvula de retención y dos válvulas de aislamiento por cada bomba			
1.5	Adaptador con válvula de aislamiento para el tanque. Conexión por diafragma			
1.6	Manómetros en manifold succión y descarga			
1.7	Transductor de presión en manifold descarga			
1.8	Protección contra operación seco estándar			
1.9	Transductor de presión diferencia en manifold succión			
1.10	Panel de potencia y control completo			
1.11	Conectividad puertos de enlace LON, Modbus, Profibus, BACnet, GSM			
			<b>Sub Total</b>	<b>\$21 850,00</b>
			<b>IVA</b>	<b>\$2 840,50</b>
			<b>Total</b>	<b>\$24 690,50</b>

#### 3.2. FORMA DE PAGO Y VALIDEZ DE LA OFERTA

La forma de pago será de acuerdo con el siguiente desglose:

El cliente deberá cancelar el 50% contra la aprobación del trabajo mediante orden de compra, 25% contra instalación finalizada y 25% contra entrega de certificaciones de obras. Otras condiciones de pago podrán ser establecidas previo acuerdo entre el cliente y el oferente. La validez de esta oferta es de **30 días naturales** a partir de la fecha de entrega de este documento.



## Anexo 3.

### Oferta enviada por la Empresa Ecoterra Landscaping

#### Opción 1: Pared Verde

Torre Uruca

Representación de la Pared Verde con las medidas necesarias para los 96 módulos.

Cada Pared Verde debe contener:

- Maceta de 30cm de fondo y 30cm de altura para el crecimiento de la planta trepadora.
- Tierra y Piedra para el correcto drenaje del riego.
- Riego por Goteo en la zona de la maceta.
- Aproximadamente 10 plantas trepadoras por maceta.
- Estructura tipo malla electrosoldada (no incluida).

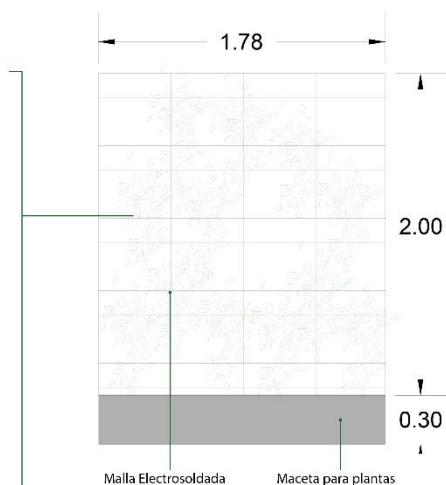
Para el correcto riego del sistema de paredes verdes debe haber una prevista cercana tanto de agua como de electricidad. La prevista de agua es necesaria para el correcto riego utilizando mangueras de goteo. La electricidad se utiliza para conectar el riego con el Timer y la electroválvula, de esta manera controlar el flujo de agua en distintos momentos de la semana.

De lo contrario, si no hay ninguna prevista eléctrica deberá cotizarse un Timer inalámbrico y válvulas de baterías para el riego.

**COSTO APROXIMADO POR METRO LINEAL**  
Incluye: Plantas instaladas, tierra, piedra y geotextil.

**\$22 POR METRO LINEAL**

NOTA: No incluye la estructura ni sistema de riego. Precio varía de acuerdo a la instalación y acarreo necesario de las plantas y materiales.



Referencia de trepadora en malla



Oficinas: (+506) 2262 - 9539 / [www.ecoterra.co.cr](http://www.ecoterra.co.cr) / [info@ecoterra.co.cr](mailto:info@ecoterra.co.cr)



#### Paleta Vegetal Pared Verde

Torre Uruca



**Morning Glory**

*Ipomea cairica*

Características:

- Planta trepadora de rápido crecimiento.
- El tono de la flor puede variar.
- Florecen todo el año.
- Resiste climas encima de los 10 °C.
- Son bastante resistentes con diferentes tipos de suelos, mientras estos tengan correcto drenaje.
- Suelen necesitar riegos regulares de 2 o 3 veces por semana, dependiendo del tipo de tierra y clima al que estén expuestas.
- Mantenimiento de poda aproximadamente 1 vez cada 3 meses dependiendo de la rapidez en que se desarrolle la planta.



**Ipomea amarilla / Thunbergia**

*Thunbergia alata*

Características:

- Planta trepadora de rápido crecimiento.
- Florecen la mayoría del año.
- Su floración es anaranjada o amarilla.
- Normalmente se utiliza en zonas frías y de la GAM.
- Necesitan un correcto drenaje, a veces ayudándole con nutrientes en la tierra.
- Es necesario ayudarla a trepar en sus primeros momentos con una estructura de soporte.
- Mantenimiento de poda aproximadamente 1 vez cada 3 meses dependiendo de la rapidez en que se desarrolle la planta.

Referencia



Oficinas: (+506) 2262 - 9539 / [www.ecoterra.co.cr](http://www.ecoterra.co.cr) / [info@ecoterra.co.cr](mailto:info@ecoterra.co.cr)





## Opción 2: Jardín Vertical

Torre Uruca

Representación de un Jardín Vertical con las medidas detalladas de cada panel de los 96 necesarios.

Cada módulo de Jardín Vertical contiene:

- Felpa (contenedor de plantas)
- Geotextil (aislante)
- Plantas (100 unidades por Felpa de 2x2 metros)
- Riego por Goteo
- Desagüe de riego
- Estructura necesaria (no incluida)

Detalle del sistema de riego necesario para un Jardín Vertical. Se detalla la instalación del suministro de agua junto a el Timer y su conexión con la Válvula de paso. De igual manera se muestran las líneas de manguera de goteo que se proponen para dichos módulos.

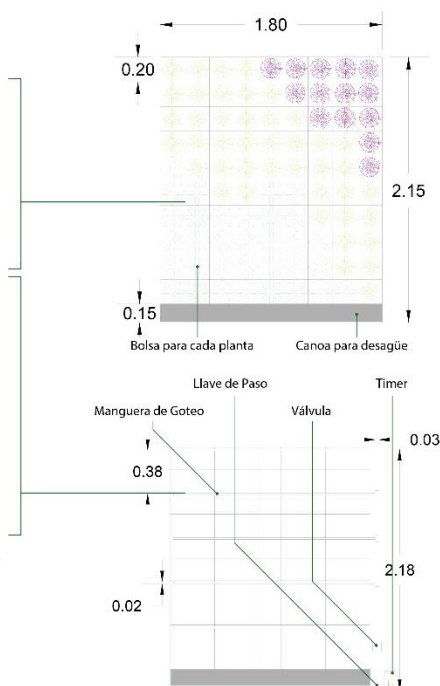
Es necesario prever un desagüe que capte el riego de la pared y lo distribuya correctamente en las tuberías.

En caso de que no hubiera conexión eléctrica se debe optar por un Timer inalámbrico y válvulas de baterías para lograr el mismo objetivo de riego. Si la presión de agua no permite regar en los puntos más altos, es necesario utilizar una bomba.

**COSTO APROXIMADO POR METRO LINEAL**  
Incluye: Plantas instaladas, felpa y geotextil.

**\$282 POR METRO LINEAL**

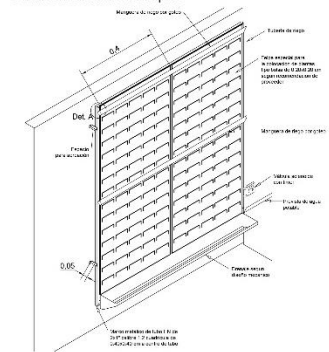
NOTA: No incluye la estructura ni sistema de riego. Precio varía de acuerdo a la instalación y acarreo necesario de las plantas y materiales.



Referencia de Felpa con riego de goteo



Detalle de Jardín Vertical típico



Oficinas: (+506) 2262-9539 / [www.ecoterra.co.cr](http://www.ecoterra.co.cr) / [info@ecoterra.co.cr](mailto:info@ecoterra.co.cr)



## Paleta Vegetal Jardín Vertical

Torre Uruca



### Uña de Gato

*Asparagus densiflorus*

Características:

- Planta que tiende a colgar de cierta manera.
- Prospera mejor en pleno sol.
- Sus hojas son delgadas y picudas.
- Especie bastante resistente a poca agua.
- Su raíz crea unos bulbos para almacenar agua.



### Corazón Morado

*Tradescantia pallida*

Características:

- Planta rastrera o colgante de crecimiento rápido.
- Su flor es pequeña de un tono rosado.
- Se adapta en sol, sombra o semisombra.
- Tolera escasez de agua y necesita poco riego.
- Planta bastante resistente y adaptable a cualquier entorno.



### Millonaria

*Epipremnum aureum*

Características:

- No tienen floración
- Hojas con forma de corazón de colores verde, amarillento y verde pálido.
- Plantas de sombra y nunca sol directo.
- Crecimiento tanto trepador como colgante.

Referencia



Oficinas: (+506) 2262-9539 / [www.ecoterra.co.cr](http://www.ecoterra.co.cr) / [info@ecoterra.co.cr](mailto:info@ecoterra.co.cr)



## Anexo 4.

### Análisis del proyecto con Software EDGE, al proyecto existente



Evaluación de EDGE: v2.1.5

Fecha y hora de la descarga: 2019-12-19 16:42

Nombre del Proyecto: EDIFICIO VISTAS DEL ROBEDAL

Nombre del subproyecto: Edificio VR

10.60% | 0.00% | 51.36%

#### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto	Dirección línea1
EDIFICIO VISTAS DEL ROBEDAL ( EXISTENTE)	8328-8518
Cantidad de edificios distintos	Dirección línea2
1	
Cantidad de subproyectos EDGE asociados	Ciudad
2	San Jose
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> )	Estado/Provincia
14,690	San jose
Nombre del titular del Proyecto	Código postal
KABarquitectura	506
Email del titular del Proyecto	País
kab.arquitecto@gmail.com	Costa Rica
Teléfono del titular del Proyecto	Número del Proyecto
Móvil 506 - 83288518	1000603200
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)?	
Sí	

Subproyecto(s) asociado(s)  
Edificio VR, Edificio VR\_EXISTENTE

#### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto	Dirección línea1
Edificio VR	8328-8518
Nombre de la Casa o Edificio	Dirección línea2
EDIFICIO VISTAS DEL ROBEDAL	
Multiplicador del subproyecto para el proyecto	Ciudad
1	san jose
Etapas de certificación	Estado/Provincia
Posconstrucción	san jose
Estado	Código postal
Self-Review	
Auditoría	País
	Costa Rica
Certificador	Tipo de subproyecto
	Edificio nuevo



Evaluación de EDGE: v2.1.5

Fecha y hora de la descarga: 2019-12-19 16:42

Nombre del Proyecto: EDIFICIO VISTAS DEL ROBLEDAL

Nombre del subproyecto: Edificio VR

10.60% | 0.00% | 51.36%

## Datos de ubicación



## Datos del edificio

## Área detallada

	Por defecto	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda	Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> )	
Piso/Departamento	45	
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> )	Cocina (m <sup>2</sup> )	
100	10	
Dormitorios/Unidad (n.o)	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> )	
2	30	
Número de pisos/niveles (n.o)	Baño (m <sup>2</sup> )	
16	10	
Unidades de vivienda (n.o)	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> )	
65	5.00	
Ocupación (personas por unidad) (n.o)	Área interna bruta (m <sup>2</sup> )	
3	100	
	Longitud de pared externa (m/unidad de vivienda) (metros)	
	21	
	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> )	
	6	
	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%)	
	14.7%	
	Unidad/área común (m <sup>2</sup> )	
	13	
	**El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m <sup>2</sup> ) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m <sup>2</sup> ).	





Evaluación de EDGE: v2.1.5

Fecha y hora de la descarga: 2019-12-19 16:42

Nombre del Proyecto: EDIFICIO VISTAS DEL ROBLEDAL

Nombre del subproyecto: Edificio VR

10.60% | 0.00% | 51.36%

---

## Sistemas del edificio

---

¿El diseño del edificio incluye sistema de A/A?

Sí

¿El diseño del edificio incluye sistema de calefacción de espacios?

No



## Supuestos para la línea base

Por defecto	Entrada de usuario	Promedio mensual de temperatura exterior (Celsius)	
Combustible para el calentamiento de agua			
Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	Por defecto	Entrada de usuario
Combustible utilizado para la calefacción		Ene.	
Electricidad	Electricidad	19.6	
Costo de la electricidad (CRC/kWh)		Feb.	
90.61	105	19.9	
Costo del combustible diésel (CRC/L)		Mar.	
676.91	676.91	20.6	
Costo del GLP/Gas Natural (CRC/L)		Abr.	
762.19	762.19	21.5	
Costo del agua (CRC/kl)		Mayo	
399.75	865	22.1	
Emisiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun.	
64		22.1	
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul.	
25%		21.7	
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Ago.	
40%		21.9	
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Sept.	
30%		22.0	
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Oct.	
80%		21.4	
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	
2.00		20.6	
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	
2.10		20.0	
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Latitud (Grados)	
6.36		10	
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.81			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			



## Resultados

Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda)

797.47

Ahorro de CO<sub>2</sub> durante el uso (tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad Vivienda)

0.07

Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda)

25.70

Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad)

148833.28

Costos de servicios públicos - Línea base (CRC/mes/unidad)

115615.02

Costo incremental (CRC/unidad )

2,546,122.18

Reducción en el costo de servicios públicos (CRC/mes/unidad)

9,747.70

Retorno en años (Años)

21.77

Ahorros de energía (MWh/Año)

74.04

Ahorros de agua (m<sup>3</sup>/año)

0.00

Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ)

9,674.16

Superficie total del subproyecto (m<sup>2</sup>)

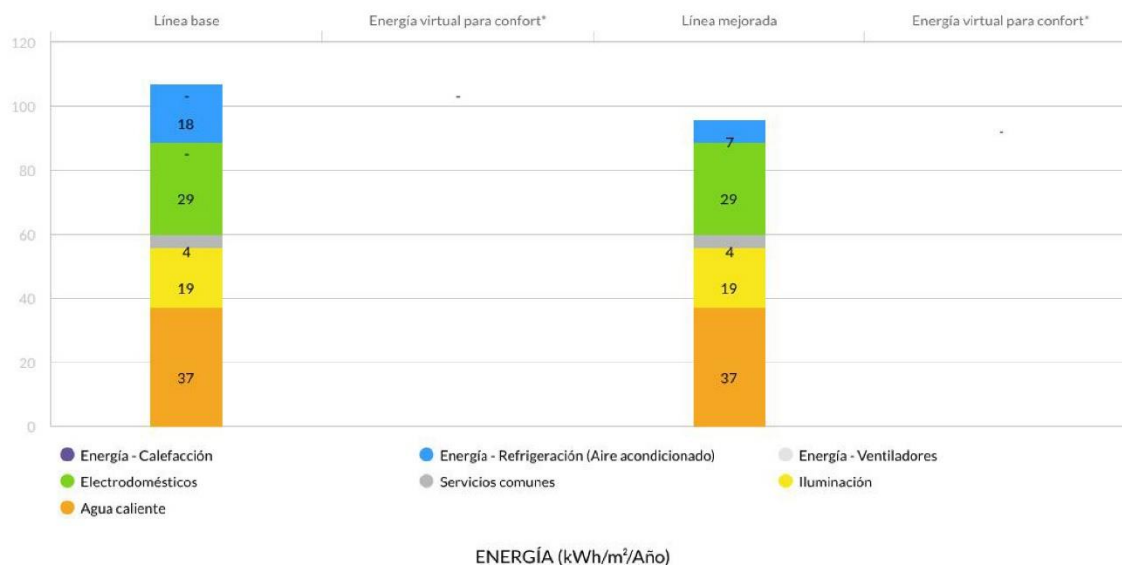
7,345

Emisiones De Carbono (tCO<sub>2</sub>/Año)

39.81

## AHORROS DE ENERGÍA

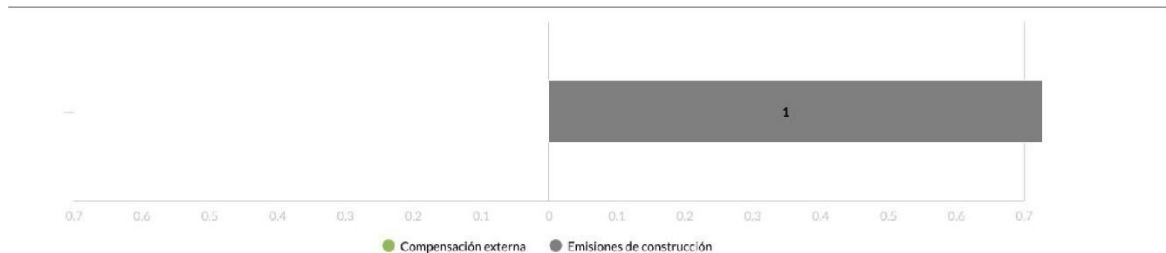
Medidas de eficiencia energética 10.60%





## Emisiones De Carbono: 0.61 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad

### Vivienda

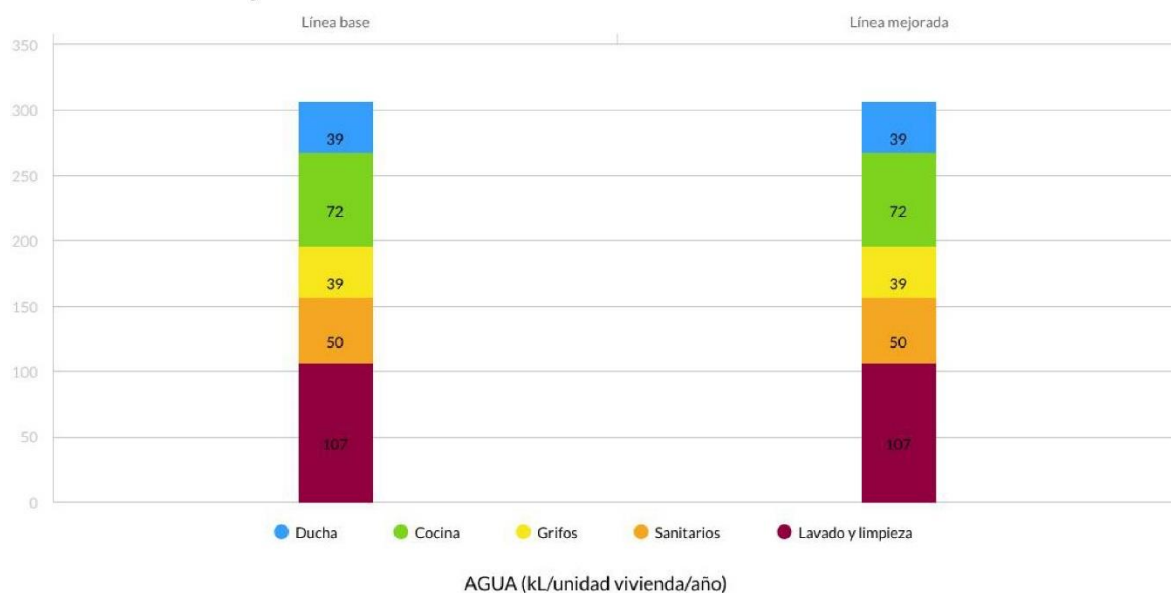


### Medidas de eficiencia energética 10.60%

✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 40.28% WWR % 40.28	HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia: 95%
HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.7	HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3
✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0	HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes
✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0	HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos
AASF 0.00	HME17 Bombillas ahorradoras de energía - Áreas comunes y espacios externos
HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 0.44	HME18 Controles de iluminación para áreas comunes y externas
HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.46	HME19 Colectores de agua caliente solar - 50% de la demanda de agua caliente
✓ HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3.01 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45	HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía
W/m <sup>2</sup> .K 3.01                      SHGC 0.45	HME21 Medidores inteligentes
✓ HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 3.01 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45	HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad
W/m <sup>2</sup> .K 3.01                      SHGC 0.45	HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso
✓ HME09 Ventilación natural	HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total
HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables	
✓ HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5	
COP 3.5	
HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%	

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 0.00%



HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 8 lts./min

HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min

HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min

HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga

HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga

HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin

HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios

HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios



## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 51.36%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



### ENERGÍA INCORPORADA EN LOS MATERIALES (megajulios/m²)

			Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m²)
HMM01	Losas de piso y entrepiso	Losa reforzada de concreto en obra		150	6.7
	Losa reforzada de concreto en obra				
	300 mm				
	Acero : 33 kg/m²				
HMM02	Construcción de cubierta	Tipo 1 Losa reforzada de concreto en obra	100%	150	6.7
	Losa reforzada de concreto en obra				
	300 mm				
	Acero : 33 kg/m²				
HMM03	Paredes externas	Tipo 1 Bloques de concreto macizo y pesado	100%	150	
	Pared de ladrillo común con yeso externo e interno				
	200 mm				
HMM04	Paredes interiores	Tipo 1 Placas de yeso sobre montantes metálicos	100%		
	Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras				
	100 mm				
HMM05	Acabado de piso	Tipo 1 Baldosa cerámica	100%		
	Baldosa cerámica				
HMM06	Marcos de ventana	Tipo 1 Aluminio	100%		Vidriado simple
	Aluminio				
	Vidriado simple				

## Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapas de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	Edificio VR
Medidas de energética		Requisitos de auditoría de construcción
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada terminada. Fotografías de exteriores e interiores del edificio, con todas las elevaciones.</li> <li>✓ Cálculos actualizados de relación ventana-pared, si es necesario, o confirmación de que la relación ventana-pared de diseño aún es válida.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente al acabado de las paredes (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado de las paredes (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado de las paredes especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los dispositivos de protección solar en todas las fachadas.</li> <li>✓ Planos de las fachadas terminadas que muestren los dispositivos de protección solar que se instalaron.</li> <li>✓ Actualización de los cálculos del factor de sombreado si hubo cambios con respecto a la etapa de diseño.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrio instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrioado.</li> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrioado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME08	Vidrio de mayor rendimiento térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrioado instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrioado.</li> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrioado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos conformes a obra, que incluyen las plantas y secciones.</li> <li>✓ Confirmación del equipo del proyecto de que no se realizaron modificaciones al plano ni a la altura entre el piso y el cielorraso durante el proceso de diseño y construcción.</li> <li>✓ Evidencia fotográfica para demostrar que la construcción se llevó a cabo conforme a la disposición de los pasillos y la ubicación de las aberturas especificadas en la etapa de diseño.</li> </ul>
HME11	Sistema de refrigeración con volumen de refrigerante variable (VRV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las instalaciones mecánicas conformes a obra con esquemas de aire acondicionado.</li> </ul>





HME11	Sistema de refrigeración con volumen de refrigerante variable (VRV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Notas de entrega que muestren que los enfriadores especificados han sido entregados en la obra.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente al sistema de refrigeración con VRV, que especifique el COP.</li> <li>✓ Fotografías de las unidades de aire acondicionado externas e internas instaladas.</li> </ul>
Medidas del material		Requisitos de auditoría de construcción
HMM01	Losas de piso y entepiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entepiso, tomadas durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entepiso, o</li> <li>✓ Notas de entrega.</li> </ul>
HMM02	Construcción de cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.</li> </ul>
HMM03	Paredes externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.</li> </ul>
HMM04	Paredes interiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.</li> </ul>
HMM05	Acabado de piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.</li> </ul>
HMM06	Marcos de ventana	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y</li> <li>✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o</li> <li>✓ Nota de entrega de las ventanas.</li> </ul>
HMM07	Aislamiento de paredes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y</li> <li>✓ Una factura por el aislamiento especificado, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.</li> </ul>
HMM08	Aislamiento de techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y</li> <li>✓ Una factura por el aislamiento especificado, o</li> </ul>



Evaluación de EDGE: v2.1.5

Fecha y hora de la descarga: 2019-12-19 16:42

Nombre del Proyecto: EDIFICIO VISTAS DEL ROBLEDAL

Nombre del subproyecto: Edificio VR

10.60% | 0.00% | 51.36%

HMM08

Aislamiento de techo

✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.

## Anexo 5.

### Análisis del proyecto con Software EDGE, al proyecto MEJORADO



Nombre del Proyecto: EDIFICIO VISTAS DEL ROBEDAL  
Nombre del subproyecto: Edificio VR\_MODIFICADO



Evaluación de EDGE: v2.1.5  
Fecha y hora de la descarga: 2019-12-19 12:20  
77.45% | 26.12% | 51.36%

#### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto	Dirección línea1
EDIFICIO VISTAS DEL ROBEDAL ( MEJORADO)	8328-8518
Cantidad de edificios distintos	Dirección línea2
1	
Cantidad de subproyectos EDGE asociados	Ciudad
2	San Jose
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> )	Estado/Provincia
14,690	San jose
Nombre del titular del Proyecto	Código postal
KABarquitectura	506
Email del titular del Proyecto	País
kab.arquitecto@gmail.com	Costa Rica
Teléfono del titular del Proyecto	Número del Proyecto
Móvil 506 - 83288518	1000603200
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)?	
Sí	

Subproyecto(s) asociado(s)  
Edificio VR\_MODIFICADO, Edificio VR

#### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto	Dirección línea1
Edificio VR_MODIFICADO	8328-8518
Nombre de la Casa o Edificio	Dirección línea2
EDIFICIO VISTAS DEL ROBEDAL	
Multiplicador del subproyecto para el proyecto	Ciudad
1	san jose
Etapas de certificación	Estado/Provincia
Posconstrucción	san jose
Estado	Código postal
Self-Review	
Auditoría	País
	Costa Rica
Certificador	Tipo de subproyecto
	Edificio nuevo



Nombre del Proyecto: EDIFICIO VISTAS DEL ROBLEDAL  
Nombre del subproyecto: Edificio VR\_MODIFICADO

Evaluación de EDGE: v2.1.5  
Fecha y hora de la descarga: 2019-12-19 12:20

77.45% | 26.12% | 51.36%

## Datos de ubicación



## Datos del edificio

## Área detallada

	Por defecto	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda <b>Piso/Departamento</b>	Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> ) 45	
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> ) <b>100</b>	Cocina (m <sup>2</sup> ) 10	
Dormitorios/Unidad (n.o) <b>2</b>	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) 30	
Número de pisos/niveles (n.o) <b>16</b>	Baño (m <sup>2</sup> ) 10	
Unidades de vivienda (n.o) <b>65</b>	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> ) 5.00	
Ocupación (personas por unidad) (n.o) <b>3</b>	Área interna bruta (m <sup>2</sup> ) 100	
	Longitud de pared externa (m/unidad de vivienda) (metros) 21	
	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> ) 6	
	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%) 14.7%	
	Unidad/área común (m <sup>2</sup> ) 13	
	**El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m <sup>2</sup> ) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m <sup>2</sup> ).	



Evaluación de EDGE: v2.1.5

Fecha y hora de la descarga: 2019-12-19 12:20

Nombre del Proyecto: EDIFICIO VISTAS DEL ROBLEDAL

Nombre del subproyecto: Edificio VR\_MODIFICADO

77.45% | 26.12% | 51.36%

---

## Sistemas del edificio

---

¿El diseño del edificio incluye sistema de A/A?

Sí

¿El diseño del edificio incluye sistema de calefacción de espacios?

No



## Supuestos para la línea base

Por defecto	Entrada de usuario	Promedio mensual de temperatura exterior (Celsius)	
Combustible para el calentamiento de agua		Por defecto	Entrada de usuario
Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica		
Combustible utilizado para la calefacción		Ene.	
Electricidad	Electricidad	19.6	
Costo de la electricidad (CRC/kWh)		Feb.	
90.61	105	19.9	
Costo del combustible diésel (CRC/L)		Mar.	
676.91	676.91	20.6	
Costo del GLP/Gas Natural (CRC/L)		Abr.	
762.19	762.19	21.5	
Costo del agua (CRC/kl)		Mayo	
399.75	865	22.1	
Emisiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun.	
64		22.1	
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul.	
25%		21.7	
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Ago.	
40%		21.9	
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Sept.	
30%		22.0	
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Oct.	
80%		21.4	
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	
2.00		20.6	
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	
2.10		20.0	
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Latitud (Grados)	
6.36		10	
Coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.81			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			



## Resultados

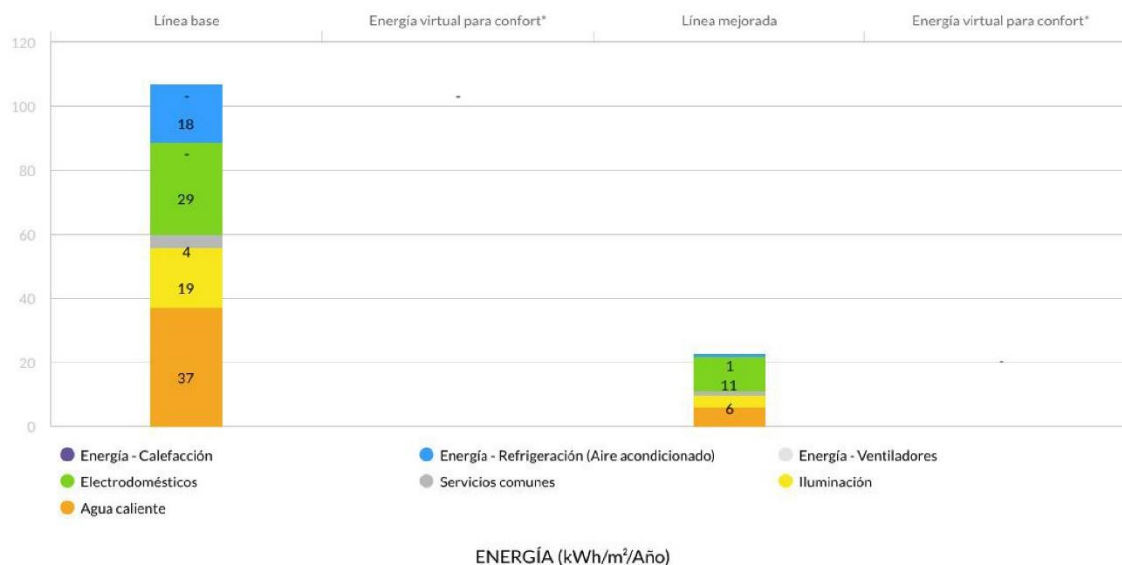
Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda)	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda)
199.77	0.53
Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda)	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad)
18.98	148833.28
Costos de servicios públicos - Línea base (CRC/mes/unidad)	Costo incremental (CRC/unidad )
115615.02	5,060,825.18
Reducción en el costo de servicios públicos (CRC/mes/unidad)	Retorno en años (Años)
78,237.31	5.39
Ahorros de energía (MWh/Año)	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año)
541.10	5,234.68
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ)	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> )
9,674.16	7,345
Emisiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año)	
9.97	

## AHORROS DE ENERGÍA

EDGE ADVANCED

Medidas de eficiencia energética 77.45%

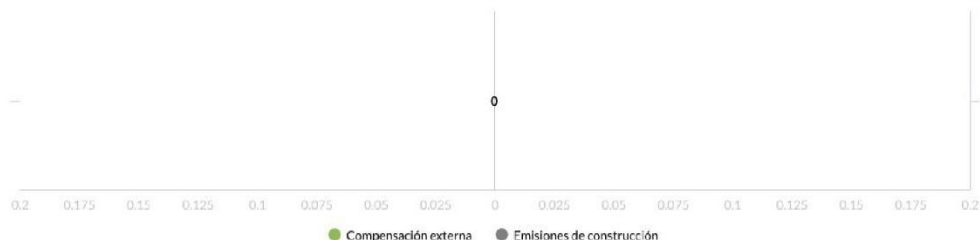
Cumple con la norma EDGE en materia de energía





Emisiones De Carbono: 0.15 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad

## Vivienda



## Medidas de eficiencia energética 77.45%

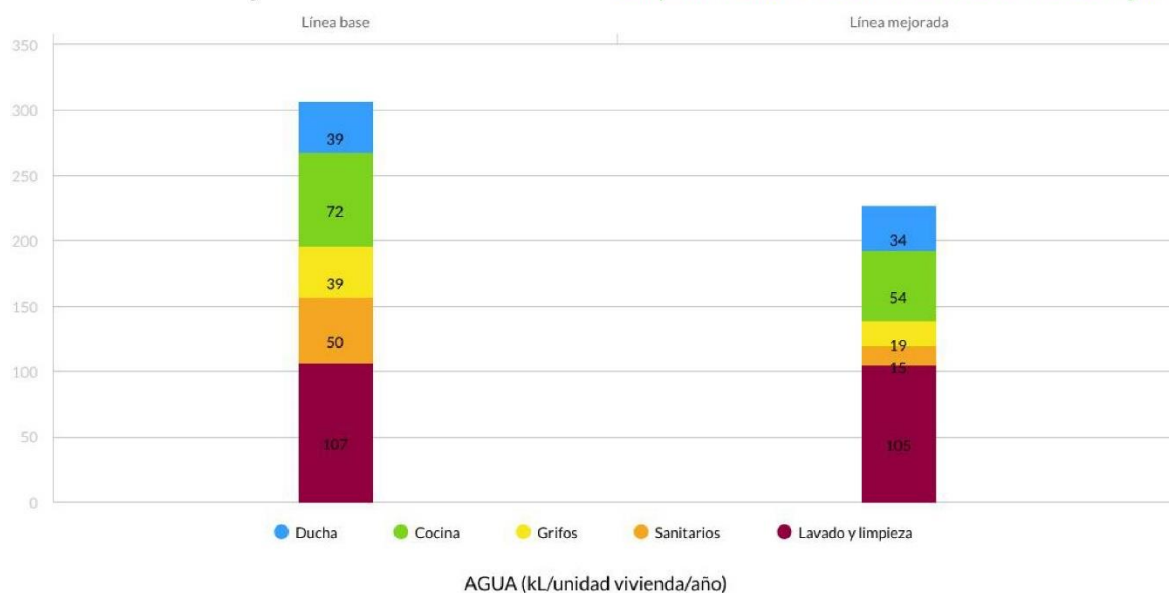
✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 40.28% WWR % <b>40.28</b>	HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia: 95%
✓ HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.7 SR <b>0.70</b>	HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3
✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.7 SR <b>0.70</b>	✓ HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes
✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0.51 AASF <b>0.51</b>	✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos
✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 0 W/m <sup>2</sup> .K <b>0.00</b>	✓ HME17 Bombillas ahorradoras de energía - Áreas comunes y espacios externos
✓ HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.49 W/m <sup>2</sup> .K <b>0.49</b>	✓ HME18 Controles de iluminación para áreas comunes y externas
✓ HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3.01 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45 W/m <sup>2</sup> .K <b>3.01</b> SHGC <b>0.45</b>	✓ HME19 Colectores de agua caliente solar - 50% de la demanda de agua caliente % de agua caliente <b>50</b> Área de colector (m <sup>2</sup> /unidad de vivienda) <b>1.9</b>
✓ HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 3.01 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45 W/m <sup>2</sup> .K <b>3.01</b> SHGC <b>0.45</b>	✓ HME20 Energía solar fotovoltaica - 60 % del uso total de energía % del consumo anual de electricidad <b>60</b> Capacidad (kW pico/unidad de vivienda) <b>3.2</b>
✓ HME09 Ventilación natural	HME21 Medidores inteligentes
HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables	HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad
✓ HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5 COP <b>3.5</b>	HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso
HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%	HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total



## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 26.12%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua



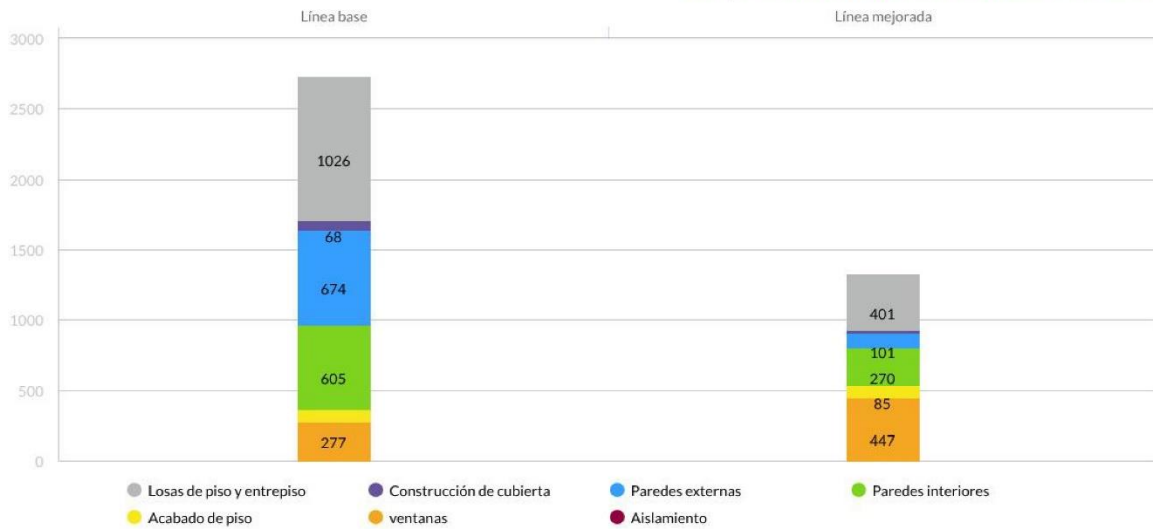
- ✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 8 lts./min  
Lts./min 8
- ✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 2 l/min  
Lts./min 2
- ✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min  
Lts./min 6
- ✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga  
Lts. primera descarga 6 Lts. segunda descarga 3
- ✓ HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga  
Lts./descarga 6
- ✓ HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 100% del área del techo utilizado para este fin  
Área de cubierta utilizada (%) 100
- HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios
- HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios



## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 51.36%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



ENERGÍA INCORPORADA EN LOS MATERIALES (megajulios/m²)



			Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m <sup>2</sup> )
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losa reforzada de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>	Losa reforzada de concreto en obra		150	6.7
HMM02	Construcción de cubierta Losa reforzada de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>	Tipo 1 Losa reforzada de concreto en obra	100%	150	6.7
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto macizo y pesado	100%	150	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	Tipo 1 Placas de yeso sobre montantes metálicos	100%		
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosa cerámica	100%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 1 Aluminio	100%		Vidriado simple
HMM07	Aislamiento de paredes Sin aislamiento U : ~ 1.86 W/m <sup>2</sup> k	Cámara de aire de ancho superior a 100 mm		100	
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U : ~ 2.12 W/m <sup>2</sup> k	Sin aislamiento			



## Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapas de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	Edificio VR_MODIFICADO
Medidas de energética		Requisitos de auditoría de construcción
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada terminada. Fotografías de exteriores e interiores del edificio, con todas las elevaciones.</li> <li>✓ Cálculos actualizados de relación ventana-pared, si es necesario, o confirmación de que la relación ventana-pared de diseño aún es válida.</li> </ul>
HME02	Pintura reflectiva/tejas para el techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente a los materiales y el acabado (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado del techo (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado del techo especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente al acabado de las paredes (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado de las paredes (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado de las paredes especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los dispositivos de protección solar en todas las fachadas.</li> <li>✓ Planos de las fachadas terminadas que muestren los dispositivos de protección solar que se instalaron.</li> <li>✓ Actualización de los cálculos del factor de sombreado si hubo cambios con respecto a la etapa de diseño.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción del techo cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME06	Aislamiento de las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción de las paredes exteriores cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrio instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrio.</li> </ul>



HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrioado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME08	Vidrio de mayor rendimiento térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrioado instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrioado.</li> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrioado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos conformes a obra, que incluyen las plantas y secciones.</li> <li>✓ Confirmación del equipo del proyecto de que no se realizaron modificaciones al plano ni a la altura entre el piso y el cielorraso durante el proceso de diseño y construcción.</li> <li>✓ Evidencia fotográfica para demostrar que la construcción se llevó a cabo conforme a la disposición de los pasillos y la ubicación de las aberturas especificadas en la etapa de diseño.</li> </ul>
HME11	Sistema de refrigeración con volumen de refrigerante variable (VRV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las instalaciones mecánicas conformes a obra con esquemas de aire acondicionado.</li> <li>✓ Notas de entrega que muestren que los enfriadores especificados han sido entregados en la obra.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente al sistema de refrigeración con VRV, que especifique el COP.</li> <li>✓ Fotografías de las unidades de aire acondicionado externas e internas instaladas.</li> </ul>
HME15	Energy Efficient Refrigerators and Clothes Washing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista resumida actualizada de los refrigeradores y las lavadoras de ropa instalados en el edificio, detallando la cantidad, el fabricante y el modelo.</li> <li>✓ Constancia de certificación otorgada por Energy Star, EU Energy Efficiency Labelling Scheme o un ente equivalente.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante que detallen el consumo de energía.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los controles de iluminación. No es necesario adjuntar fotos de cada sensor instalado; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estos.</li> </ul>





HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sensores y controles.</li> </ul>
HME19	Colectores solares de agua caliente	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Esquemas de las instalaciones de plomería conformes a obra.</li> <li>✓ Planos del techo terminado que muestren la ubicación, la orientación y el ángulo de los paneles.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los paneles solares.</li> <li>✓ Fotografías de los paneles instalados.</li> </ul>
HME20	Energía fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos del techo terminado que muestren la ubicación, la orientación y el ángulo de los paneles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los paneles solares.</li> <li>✓ Fotografías de los paneles instalados.</li> </ul>
Medidas relativas al agua		Requisitos de auditoría de construcción
HMW01	Cabezales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resultados de las pruebas en la obra realizadas por el auditor sobre el flujo máximo por minuto del caudal, con un temporizador y un recipiente medidor. Se recomienda asimismo utilizar un manómetro para medir la presión del agua.</li> <li>✓ Fotografías de los cabezales de ducha instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los cabezales de ducha.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.</li> </ul>
HMW03	Grifos de bajo flujo para lavabos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.</li> </ul>
HMW04	Sanitarios de descarga doble	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los sanitarios instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sanitarios.</li> </ul>
HMW05	Sanitarios de descarga simple	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los sanitarios instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sanitarios.</li> </ul>
HMW06	Sistema de recolección de agua de lluvia	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías del sistema de recolección de agua de lluvia y de tuberías dobles instalados.</li> <li>✓ Recibo de compra y nota de entrega correspondientes al sistema de recolección y almacenamiento de agua de lluvia.</li> </ul>
Medidas del material		Requisitos de auditoría de construcción
HMM01	Losas de piso y entepiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entepiso, tomadas durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entepiso, o</li> </ul>





HMM01	Losas de piso y entrepiso	✓ Notas de entrega.
HMM02	Construcción de cubierta	✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.
HMM03	Paredes externas	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM04	Paredes interiores	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM05	Acabado de piso	✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.
HMM06	Marcos de ventana	✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y ✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o ✓ Nota de entrega de las ventanas.
HMM07	Aislamiento de paredes	✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y ✓ Una factura por el aislamiento especificado, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.
HMM08	Aislamiento de techo	✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y ✓ Una factura por el aislamiento especificado, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.